



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Concurso “Ciencia con Arte”: una perspectiva desde las matemáticas

The “Science with Art” contest: A perspective from mathematics

Alumno: Roberto Bustío Villanueva

Especialidad: Matemáticas

Directores: José Manuel Diego Mantecón, Tomás Recio Muñiz

Curso 2018-2019

Junio 2019

Firma Autor:

Roberto Bustío Villanueva

VºBº Directores:

José Manuel Diego Mantecón

Tomás Recio Muñiz

Resumen

En el presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) se realiza un breve análisis de la edición del curso 2018-2019 del concurso CIENCIA CON ARTE promovido por la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i) de la Universidad de Cantabria (UC). A través de la observación de dos de los seis grupos de estudiantes cántabros participantes en el concurso, se analiza la metodología utilizada en el mismo, de carácter interdisciplinar o STEAM, con especial énfasis en el contenido matemático. El objetivo principal es determinar la relevancia de las matemáticas en dos de las líneas de investigación del concurso, y su impacto sobre el aprendizaje de esta materia en el alumnado participante.

Palabras clave: Concurso Ciencia con Arte, metodología STEAM, matemáticas, secundaria.

Abstract

In this Master Thesis, it is presented a brief analysis of the 2018-2019 edition of the Concurso Ciencia con Arte, promoted by the Scientific Culture and Innovation Unity (UCC+i) of the University of Cantabria (UC). Through the observation of two of the six groups of the Cantabrian students participating in the contest, the interdisciplinary methodology used in this contest (also called STEAM methodology), with special emphasis on mathematical content, is analyzed. The main objective is to determine the relevance of mathematics in two of the research lines of the contest, and its impact on the learning of this subject in the participating students.

Keywords: Concurso Ciencia con Arte, STEAM methodology, mathematics, secondary.

Índice

1. Introducción.....	4
2. Metodología STEAM	5
2.1. Origen del acrónimo	6
2.2. Antecedentes	8
2.3. ¿Qué es la metodología STEAM?	10
2.4. Las actividades STEAM en el Currículum de Cantabria	13
3. Proyecto CIENCIA CON ARTE	17
3.1. Descripción del concurso	17
3.2. Orientaciones curriculares relacionadas con las actividades STEAM del concurso CIENCIA CON ARTE	20
4. Una propuesta de evaluación de actividades en CIENCIA CON ARTE	24
4.1. Objetivos de la propuesta	24
4.2. Planteamiento de la propuesta	25
4.3. Recogida de información.....	27
4.4. Contexto educativo del alumnado participante	29
4.5. Descripción del desarrollo de la experiencia	32
5. Resultados y análisis de los mismos	37
5.1. Cuestionario Alumnado IES Ocho de marzo.....	37
5.2. Cuestionario Alumnado IES Fuente Fresnedo.....	40
5.3. Cuestionario Tutores de la UC responsables de la investigación	43
5.4. Cuestionario Profesores responsables del Centro	46
5.5. Observaciones	50
6. Conclusiones	52
7. Bibliografía	56
ANEXO I. Cuestionario Investigador UC.....	60
ANEXO II. Cuestionario Profesor responsable.....	66
ANEXO III. Cuestionario Alumnado.....	72

1. Introducción

Este trabajo nace a raíz del concurso CIENCIA CON ARTE, creado por la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i) de la Universidad de Cantabria (UC) como una propuesta para acercar las carreras científicas al alumnado de Secundaria de los institutos de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Dadas las características de interdisciplinariedad presentes en el concurso CIENCIA CON ARTE, se pretende realizar un análisis de los contenidos desarrollados a lo largo del mismo por el alumnado participante, dentro del marco de la metodología STEAM, desde la perspectiva de las Matemáticas.

En el Capítulo 2, se realizará una profunda introducción a la metodología STEAM, la cual se relaciona de manera directa con el trabajo que se desempeña a lo largo del concurso mencionado.

Toda la dinámica seguida durante el proceso del concurso CIENCIA CON ARTE se detallará en el Capítulo 3 del presente documento, en el cual se expondrá cómo se ha desarrollado el mismo durante esta edición de 2018-2019.

Dentro del Capítulo 4, se desarrollará la propuesta del presente documento, esgrimiéndose los objetivos y el marco de esta, además de una descripción del proceso seguido durante el seguimiento del concurso, así como de las herramientas empleadas para el análisis de este.

Los resultados de este análisis se recogerán en el Capítulo 5, dentro del cual se expondrán los datos obtenidos, señalándose las primeras impresiones respecto a los mismos.

Las conclusiones definitivas, se recogerán en el Capítulo 6, lo que supondrá el cierre del cuerpo principal del trabajo.

No obstante, en el Capítulo 7 se detallarán las Referencias Bibliográficas empleadas durante la elaboración de este trabajo, y finalmente se incorporarán los capítulos Anexos donde se recogen los documentos empleados en la recogida de información.

2. Metodología STEAM

El progreso de la humanidad ha supuesto un gran desafío para la sociedad, desde el origen de su existencia. Esta sociedad, cambiante y volátil, se ha visto en la obligación de adaptarse y readaptarse, no sólo al medio, sino también a sus propias creaciones, a lo largo de su dilatada historia. Su evolución ha estado ligada de manera intrínseca al desarrollo del conocimiento, lo que le ha ido permitiendo desarrollar las distintas ramas del saber humano que hoy en día configuran lo que hoy en día denominamos CIENCIA.

A partir de los avances científicos el ser humano ha podido evolucionar en campos como la ingeniería (en todas sus ramas) o la tecnología, lo que ha supuesto un proceso retroactivo donde la ciencia ha contribuido a que el ser humano se haya visto beneficiado en múltiples aspectos: mejora de infraestructuras, mejoras higiénico-sanitarias, evolución en técnicas de carácter médico, desarrollo del transporte, avances en comunicaciones, etc.

Es necesario destacar que todos estos avances se han desarrollado desde un enfoque característico y propio de la época en la que se dieron, durante la que se planteaban una serie de objetivos y motivaciones con el fin de encontrar cierto tipo de soluciones a un cierto tipo de problemas planteados.

Es por esto por lo que es necesario realizar un proceso de abstracción para poder analizar, en el presente, los nuevos campos a desarrollar en la actualidad, con sus respectivos objetivos y motivaciones.

Para establecer la guía que marque el camino hacia el que se dirija la sociedad en materia de desarrollo del conocimiento, es preciso delimitar y conformar los distintos desafíos que se plantean en la actualidad, los cuales “requieren de sujetos creativos y competentes para abordar problemas sistémicos complejos” (García, Reyes y Burgos, 2017). Como bien señala García et al. (2017), los principales desafíos se encuentran ligados a la innovación y la competitividad de los mercados, la producción de energía renovable y eficiente, y el calentamiento global, entre otros.

Estos retos precisan de grupos humanos con altas habilidades en la resolución de problemas, la producción y la evaluación de evidencia científica y el trabajo en equipo, el cual cada vez resulta más y más fundamental, con amplios conocimientos del mundo y de los fenómenos que se dan en él, para poder repercutir de manera positiva sobre el mismo.

Atendiendo a las palabras de Tsupros, Kohler y Hallinen (2009), nuestra economía actual, basada en el conocimiento, está dirigida por la innovación constante, cuya estructura se eleva sobre los cimientos del trabajo en equipo de forma dinámica y motivada, a partir de una buena cualificación de los grupos humanos en sus habilidades referentes a la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas. No obstante, el proceso de cambio constante afecta de manera irrevocable a las propias necesidades de los grupos humanos cualificados, de la misma forma en que afecta a la sociedad. Es por esta razón por la que García, *op. cit.*, p.38, establece que “la comprensión de los principios científicos y matemáticos, el conocimiento práctico del hardware y software informático, y las habilidades de resolución de problemas” son las condiciones básicas exigidas por la mayoría de los trabajos.

Es en este marco antropológico, en el que puede considerarse el enfoque educativo STEM o STEAM, como el principio metodológico que propicia la búsqueda de respuestas a las diferentes cuestiones de carácter científico-evolutivo que se han señalado anteriormente, y que colaborará a la evolución de la humanidad en los próximos años o décadas.

2.1. Origen del acrónimo

El acrónimo STEM (que no STEAM), aparece por primera vez de la mano de la bióloga Ramaley, miembro de la Fundación Nacional de Ciencia de los Estados Unidos de América (*National Science Foundation, NSF*). Ésta científica fue el artífice de la reordenación, en 2001, de las palabras que componían un antiguo acrónimo empleado durante la década de los 90 por la NSF (Página web WA4STEAM, s.f.).

En efecto, mientras que en los años noventa, la NSF empleaba el acrónimo SMET para referirse a los campos de las carreras dedicadas a las ciencias (*Sciences*), las matemáticas (*Maths*), la ingeniería (*Engineering*) y la tecnología (*Technology*), o para referirse al currículum en el que se integran conocimientos y habilidades de los campos anteriormente mencionados, no fue hasta 2001 cuando el acrónimo cambió, por iniciativa de la señora Ramaley, a las siglas STEM (Robnett, 2018).

Sin embargo, y si bien es cierto que tanto el acrónimo STEM como el modelo curricular basado en STEM ha sido empleado a nivel mundial desde su implantación, no es su última disposición conocida.

A partir de 2010, la morfología del acrónimo incorpora la letra A de arte (*Arts*) y de arquitectura (*Architecture*), dado que, desde principio de nuevo siglo, la comunidad educativa ha estado enfatizando el papel de la creatividad como una cualidad fundamental para desarrollar el pensamiento crítico y para propiciar el desarrollo de la ingeniería y la tecnología de la forma más imaginativa y novedosa posible, a fin de resolver los problemas del mundo en el que vivimos (Robnett, 2018).

Como señala la página web de la Comunidad Internacional “Women Angels 4 STEAM”, la adición del arte es una modificación más de las necesidades de la humanidad en la actualidad. Hoy en día, la innovación y la creatividad son unas habilidades primordiales en la formación de personas cualificadas, y su incorporación como un complemento más al campo de la ciencia, sólo va a suponer un aumento de las posibilidades de conseguir el éxito (Página web WA4STEAM, s.f.).

De esta manera se llega al acrónimo STEAM como el modelo curricular en el que prima el trabajo interdisciplinar entre los distintos campos comentados anteriormente, el trabajo en equipo y la importancia de valorar otras disciplinas, como elementos clave (Robnett, 2018).

El término STEAM es empleado por primera vez por Yakman en el año 2010, cuya propuesta se centra en un nuevo marco teórico educativo que sitúa a la

tecnología y la ciencia en un contexto en el que son interpretadas a través de las artes y la ingeniería (Yakman, 2010), lo que deriva en un nuevo espacio de aprendizaje que tiene como punto de partida una serie de problemas propuestos desde la motivación y la curiosidad por el saber. Este interés se manifiesta como el eje impulsor y guía del aprendizaje del alumnado, focalizado en un proceso de exploración y búsqueda permanente (Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Resnick y Rosenbaum, 2013).

Otros desarrollos más complejos, que aún no tienen una clara acogida por la comunidad educativa, tales como los que recogen las siglas STE@M, vienen también descritos en Yakman, *op.cit.* pp. 3-9.

2.2. Antecedentes

El mundo evoluciona de manera constante y vertiginosa, condicionado por el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico. Cada vez es más imperante, la necesidad de ciudadanos con una adecuada formación científica, con capacidad de tomar decisiones fundamentadas en el conocimiento adquirido.

Esta necesidad se ha tornado en una preocupación para la Unión Europea, la cual, a tenor de la disminución prolongada de demanda de empleos con vocación científica, elaboró un informe que analizara minuciosamente las causas de esta problemática y aportara posibles soluciones: el informe Rocard.

Fue en Lisboa, en el año 2000, cuando se puso la primera piedra del proceso de cambio, puesto que en la reunión del Consejo Europeo que tuvo lugar el 23 y 24 de marzo de 2000 se estableció que la Unión Europea se hallaba ante “un enorme cambio fruto de la mundialización y de los imperativos que plantea una nueva economía basada en el conocimiento”, adoptando el objetivo estratégico con miras a 2010 de que la UE debía “convertirse en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de crecer económicamente de manera sostenible con más y mejores empleos y con mayor cohesión social” (Rocard, 2007).

En 2006, el Parlamento Europeo y el Consejo de la UE aprobaron el 18 de diciembre una Recomendación sobre las competencias básicas para el

aprendizaje permanente (Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006). De esta forma, se definían una serie de competencias básicas necesarias centradas en la plena realización personal, la ciudadanía activa, la cohesión social y la empleabilidad que sirvieran de referencia para los nuevos planes de estudios a definir por los diferentes estados (Cervelló, 2009).

La UE, como medida del programa “Educación y Formación 2010” (Consejería de la Presidencia, 2010), puso en marcha un proceso focalizado en la formación del profesorado, de forma que pudieran identificarse las competencias que deberían tener los maestros y profesores. Otro de los objetivos era el de proporcionar al profesorado la ayuda suficiente para sobrellevar los retos de la sociedad del conocimiento de forma adecuada, puesto que “La calidad del profesorado es el factor escolar más importante que incide sobre el resultado de los alumnos” (Rocard, 2007).

Un año más tarde, la Comisión de la UE emitió un documento denominado “Escuelas para el Siglo XXI” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007), con el propósito de definir los objetivos a perseguir por las escuelas en este siglo XXI, de forma que todos los agentes de la educación sean principio y parte de todo el proceso de cambio.

Como puede apreciarse, el mercado, la tecnología y la sociedad se encuentran inmersos en un proceso de cambio, en el que cada vez es más evidente la interacción y la influencia entre cada uno de ellos. Estas nuevas interacciones, implican un nuevo campo de oportunidades ante las variaciones de los fundamentos más básicos referidos a la educación, la transferencia de conocimientos y la gestión del capital humano, intelectual y social (Ramaley, 2007).

Por todos estos motivos, que se pueden transcribir a nivel mundial, con la necesidad concreta de adaptar la formación del alumnado a las necesidades actuales en materias de carácter científico, surge la metodología STEAM (en sus distintas formas, ver Capítulo 2.1. Origen del acrónimo), como una respuesta al

bajo nivel presentado por el alumnado en matemáticas y distintas ciencias, así como para reducir el rechazo de este a elegir carreras universitarias centradas en estas áreas del conocimiento (Agreda, Ortiz-Colón y Trujillo, 2016).

Como señalan Agreda et al. (2016), el país pionero en la implantación de la metodología STEAM en las aulas ha sido Corea del Sur, quedando las artes incluidas en su modelo pedagógico. No obstante, la Unión Europea y diferentes instituciones internacionales mantienen varias iniciativas en curso de este carácter STEAM, lo que dice mucho de la trayectoria que está siguiendo el proceso de enseñanza-aprendizaje del conocimiento a nivel mundial (Agreda et al, 2016).

2.3. ¿Qué es la metodología STEAM?

La metodología STEAM o el modelo curricular basado en STEAM trata de desarrollar el aprendizaje del alumnado a través de una dinámica contextualizada en un marco educativo en el que los estudiantes se aproximan a las distintas ciencias y tecnologías desde el punto de vista del arte y la ingeniería, primando el interés intrínseco del alumnado por el saber (Yakman, 2010).

Esta metodología está basada en la enseñanza mediante proyectos (Brown, 2016; Chiu et al., 2015; Tsupros et al. 2009), en los que predomina la interdisciplinariedad y la aplicabilidad de los conocimientos de ciencias y matemáticas sobre problemas reales del mundo actual. Los proyectos y actividades que se proponen bajo este acrónimo de STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Maths*) tienen como objetivo principal la aplicación del conocimiento científico y matemático en un contexto vinculado a la tecnología y la ingeniería (Página web KIKS.UNICAN, s.f.).

Este modelo educativo es capaz de otorgar al alumnado la posibilidad de aproximarse a los fenómenos que se dan en el mundo real a partir de la interdisciplinariedad dirigida a la resolución de problemas. Los vínculos existentes dentro del modelo propuesto, entre el arte, la ciencia y la tecnología permiten el desarrollo de conexiones curriculares, así como la formulación de

nuevas relaciones entre las competencias y los objetivos del currículum (Cilleruelo & Zubiaga, 2014).

Mediante este modelo STEAM, se pretende adaptar el modelo curricular educativo al contexto socioeconómico-tecnológico de la actualidad, facilitándose la adaptación en paralelo del alumnado a las necesidades laborales requeridas gracias a un enfoque dominado por las habilidades basadas en el trabajo en equipo para la resolución de problemas con la ayuda de evidencia científica, el cual pone en relieve la enseñanza de las ciencias integradas con una alta predominancia de sus aplicaciones en el mundo real (García et al., 2017).

En definitiva, la metodología STEAM busca la implantación de un modelo curricular que consiga cumplir con las necesidades actuales, adaptando la cualificación del personal humano a dichas necesidades cambiantes y evolutivas, a través de habilidades propias de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas con el objetivo de comprender el mundo y los fenómenos que en él se dan y así poder actuar de forma eficiente sobre el mismo (Tsupros et al., 2009).

El mundo complejo y de alta variabilidad que impera en nuestros días implica la consideración de un nuevo sistema o modelo que sea capaz de transmitir el conocimiento de forma eficaz, para poder hacer frente a las necesidades de nuestro entorno.

Si bien es cierto que actualmente los modelos curriculares realizan una división bien definida y delimitada de cada una de las materias abordadas en nuestra educación, cada vez es más reclamada la unificación de la emoción y la razón, que tan diferenciadas quedan en las diferentes asignaturas de los currículos actuales (Robinson, 2009).

La Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión europea (2006) establece que “hay una serie de temas que se aplican a lo largo del marco de referencia y que intervienen en las ocho competencias clave: el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los

sentimientos” lo que induce a tener en consideración a la metodología STEAM, como uno de los modelos que no sólo cumple con la recomendación mencionada anteriormente, sino que además, bajo la opinión de Sousa y Pilecki la complementan con la presencia de “las destrezas que las artes desarrollan” puesto que “influyen en la creatividad, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la comunicación, la autonomía (self-direction), la iniciativa y la colaboración” (2013, p.15).

La incorporación de las Artes en la metodología STE(A)M, supone un nuevo marco educativo de aprendizaje focalizado en la motivación por el saber, donde el interés se convierte en el motor principal del conocimiento, estableciéndose de esta forma el punto de partida para la exploración y el descubrimiento de soluciones frente a los problemas reales que se plantean dentro de una búsqueda permanente prendida por la llama de la satisfacción personal e individual (Cilleruelo & Zubiaga, 2014).

La metodología STEAM, como menciona García, sigue una dinámica interdisciplinar, dentro de la cual la rigurosidad de los conceptos científicos se desarrolla mediante el empleo de actividades didácticas con un marcado interés de aplicación al mundo real (2017). La implantación en las aulas de este enfoque basado en proyectos implica que los estudiantes interpreten contenidos de ciencias, tecnologías, ingenierías, artes y matemáticas en determinados contextos que vinculan el centro educativo, la comunidad social, el mundo laboral y la industria (Brown, 2016; Chiu et al., 2015; Tsupros et al. 2009).

Es por tanto adecuado decir que, cualquier alteración introducida sobre el currículum debe tener en cuenta que los estudiantes que sean educados bajo una metodología STEAM, sean formados de manera adecuada para el mundo del trabajo, con el objetivo presente de que se conviertan en “creadores, innovadores y solucionadores de problemas” (Bybee, 2013).

Se precisa, porque la situación actual lo requiere, “convertir las posibles ventajas competitivas estáticas en ventajas dinámicas que se amolden a la variabilidad de las necesidades de cada época. De este modo, podrá conformarse una

derivación de una economía basada en la eficiencia de los factores de producción a una economía sustentada en la innovación” (Tsupros et al., 2009).

2.4. Las actividades STEAM en el Currículum de Cantabria

Resulta evidente que toda actividad STEAM debe de fundamentarse sobre una base sólida que la legitime, de forma que quede respaldada no sólo en términos educativos y de docencia, sino también desde el punto de vista legislativo.

No podemos hablar de una metodología educativa sin que exista una base sobre la que pueda desarrollarse al efecto. Competencias y objetivos educativos, resultan de vital importancia, y son los elementos clave a partir de los cuales se puede conformar una metodología de carácter interdisciplinar como es la metodología STEAM.

Es por esto por lo que, tras analizar el decreto vigente en Cantabria (Decreto 38/2015, 2015) podemos establecer que básicamente cualquier actividad STEAM se encuentra en la actualidad respaldada a nivel legislativo. Esto no quiere decir que la metodología STEAM se encuentre implementada, ni mucho menos, pero podríamos establecer que los “cimientos” de esta metodología ya se encuentran presentes en las leyes actuales y son un factor a tener en cuenta para el futuro, a corto o medio plazo.

A continuación, se va a escudriñar el decreto vigente en Cantabria para establecer las conexiones existentes entre las actividades STEAM y las matemáticas.

Ya en los primeros artículos del currículum se encuentran las primeras referencias sobre las que la metodología STEAM incide de forma directa. Por un lado, aparecen las Competencias del Currículo en el Artículo 3 del Decreto 38/2015, de 22 de mayo, en el que se establecen las competencias clave a desarrollar por el alumnado tanto en la Educación Secundaria Obligatoria como en el Bachillerato.

En este Artículo 3 aparece la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología, la competencia digital, la competencia

relacionada con el “aprender a aprender”, el sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, además de la comunicación lingüística, las competencias sociales y cívicas, así como la conciencia y las expresiones culturales.

Puede apreciarse que tanto la competencia matemática como las competencias relacionadas con la ciencia y la tecnología quedan muy bien marcadas desde el principio en el currículum actual de Cantabria, lo que se relaciona de forma directa con las actividades STEAM. Si además le añadimos la competencia digital y el “aprender a aprender” puede observarse que el concurso CIENCIA CON ARTE, al que se ha hecho referencia en la introducción, cumple de forma ecuánime con las competencias curriculares más generales (Decreto 38/2015, 2015).

Por otro lado, se encuentran los Objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria en el Artículo 5, de los que se resaltan la concepción del “conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia” así como el desarrollo del “espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades” los cuales son característicos de la metodología STEAM, como se ha comentado anteriormente.

Es preciso resaltar que, además de los anteriores objetivos curriculares referentes a la metodología STEAM, en este mismo Artículo 5 del Decreto 38/2015, de 22 de mayo, aparecen dos elementos que se relacionan de forma directa con el concurso CIENCIA CON ARTE, ya que se centran en el desarrollo de “destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos” así como en la adquisición de “una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación” y la expresión “en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada”.

Estos últimos objetivos pueden verse con un alto nivel de paridad con los objetivos marcados en las bases del concurso CIENCIA CON ARTE (ver Apartado 3.1. Descripción del concurso).

Además, cabe destacar que el propio Decreto destaca el papel de las matemáticas y su presencia interdisciplinar en las distintas ciencias como una realidad, dado que la evolución a lo largo de la historia tanto de las matemáticas, como de las distintas ciencias y del conocimiento humano a nivel global (tecnológico y social) ha seguido una trayectoria paralela y casi simultánea.

El mismo Decreto respalda que la física, la química, la astronomía o la informática como ciencias formales, las ingenierías o la medicina como ciencias aplicadas, la biología como ciencia natural y, de forma más reciente, la economía como ciencia social, emplean todas ellas modelos matemáticos como una pieza clave en su desarrollo.

Los requerimientos de los diferentes ámbitos profesionales, las tareas diarias que precisan de conceptos cuantitativos, o la información mostrada en los medios de comunicación que exigen conocimientos matemáticos para su correcta comprensión, son algunos de los elementos a partir de los cuales se establece una relación entre los contenidos curriculares y los fenómenos cotidianos de la vida real.

Es por esto por lo que, continúa el Decreto, se hace preciso que el alumnado, adquiera un “hábito de pensamiento matemático que permita establecer hipótesis y contrastarlas, elaborar estrategias de resolución de problemas y ayudar en la toma de decisiones adecuadas, tanto en la vida personal como en su futura vida profesional” el cual alcanzará “al entrenar sus habilidades de observación e interpretación de los fenómenos, además de favorecer la creatividad o el pensamiento geométrico-espacial” (Decreto 38/2015, 2015).

El alumnado, atendiendo al currículum, profundizará además en habilidades relacionadas con el pensamiento matemático, principalmente en la capacidad de analizar, investigar, interpretar y comunicar matemáticamente los distintos

fenómenos y problemas planteados en función del contexto, así como plantear soluciones prácticas a los mismos que no solo contribuyan a su enriquecimiento personal, sino que también induzcan la valoración de su papel en el progreso de la humanidad (Decreto 38/2015, 2015).

En conclusión, todos estos elementos presentes en el Currículum actual de Cantabria, referentes al desarrollo de competencias y capacidades del alumnado, se relacionan de forma directa con la metodología STEAM, tal como se ha desarrollado a lo largo de este marco teórico (ver Apartado 2.3. ¿Qué es la metodología STEAM?).

Puede establecerse entonces, con más generalidad, que el currículum educativo actual respalda las principales características de la metodología STEAM, tratando de lograr la capacitación del alumnado de acuerdo con los principios de la propuesta STEAM. Además, puede añadirse que el concurso CIENCIA CON ARTE se enmarca perfectamente, a priori, con los aspectos más básicos de esta propuesta didáctica, ya que también éstos se encuentran presentes en el currículum vigente de la ESO y de Bachillerato.

3. Proyecto CIENCIA CON ARTE

3.1. Descripción del concurso

El concurso CIENCIA CON ARTE nace con el objetivo de acercar la investigación de la Universidad de Cantabria a los jóvenes estudiantes cántabros y promover de forma proactiva la vocación científica (UC, 2019a).

Este concurso de reciente nacimiento (Curso escolar 2018/2019) ha sido impulsado por la Fundación Española para la Ciencia Y la Tecnología (FECYT) en colaboración con el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España, así como por la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i) de la Universidad de Cantabria (UC).

CIENCIA CON ARTE está enfocado a todos aquellos estudiantes que estén cursando sus estudios en 3º o 4º de Educación Secundaria Obligatoria, o incluso cualquiera de los dos cursos de Bachillerato en Cantabria.

En cuanto a los objetivos del concurso, como bien puede apreciarse en la página de noticias de la UC, así como en el documento de bases del concurso enlazado en la página de la Unidad de Cultura Científica de la UC, se centran en la promoción de la vocación científica entre el alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria, el fomento el interés por la ciencia, la desmitificación de la figura del científico universitario, acercándolo al alumnado y la motivación por la curiosidad por la investigación de temas de carácter científico (UC, 2019a).

El concurso CIENCIA CON ARTE presenta en sus bases, que se encuentran en la página web anteriormente mencionada, una normativa detallada, en la que pueden destacarse aquellas condiciones referentes a los grupos o equipos, situándose el mínimo en 5 integrantes por grupo, sin existir un número máximo, la posibilidad de poder formarse tantos grupos colaborativos como se desee por centro educativo y la condición básica de que cada grupo debe estar tutelado por un profesor o representante del centro educativo al que pertenece, el cual asumirá las funciones de interlocutor entre la institución educativa y la UCC+i. Es destacable que un mismo profesor o representante puede tutelar a varios grupos del mismo centro educativo (UC, 2018a).

Los grupos participantes en la presente edición del concurso han sido:

- “Science Today” del IES Fuente Fresnedo de Laredo.
- “Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional” del IES Ocho de marzo de Castro Urdiales.
- “CAMEKSON” del IES Santa Clara de Santander.
- “LOS CURIOSXS ASTILLERENSIS” del IES Astillero de El Astillero.
- “Agua, luego existo” del Colegio San Agustín de Santander.
- “Somos TOP 100cia” del IES Foramontanos de Cabezón de la Sal.

Como también se señala en las bases citadas, el desarrollo del proyecto se constituye de una serie de reuniones en las que los alumnos se citan con el investigador al cargo del proyecto. En concreto, se han establecido un número mínimo de 5 sesiones (una reunión al mes) con el fin de que el proceso haya podido desarrollarse correctamente, existiendo un seguimiento del trabajo realizado por los alumnos participantes (UC, 2018a).

A lo largo del curso, los grupos participantes han intercambiado reuniones con los investigadores tanto en los centros educativos como en las instalaciones de trabajo del investigador al cargo del proyecto (Facultad o Instituto de investigación de la UC) para poder así aclarar conceptos teóricos, y acercando al alumnado de una forma directa e “in situ” al mundo de la investigación universitaria y de la ciencia en general (UC, 2018a).

De este modo, los alumnos han conseguido conocer de primera mano las labores realizadas por el investigador jefe del proyecto en el que han encontrado inmersos y, al mismo tiempo, han podido desarrollar los fundamentos más teóricos de la línea de la investigación correspondiente, así como resolver las dudas más notorias que se les han planteado durante el proceso.

Incluso, en algunos casos han tenido la oportunidad de complementar el desarrollo de su proyecto mediante prácticas de laboratorio realizadas en las instalaciones de la UC, lo que le da un valor único añadido a la experiencia, puesto que no todos los días puede hacerse uso de laboratorios con unos medios tan avanzados.

En lo referente al trabajo a realizar, las bases del concurso mencionan que debía de estar constituido por un corto de vídeo en el que se emplee la técnica “stop motion”, dentro de todas sus variables posibles y sin restricciones en el programa empleado (UC, 2018a).

El vídeo que han de confeccionar debe ser de una duración máxima de 5 minutos, estableciéndose unas condiciones predeterminadas en cuanto a los clips de inicio y final del mismo, que han respondido a unos modelos que se le han proporcionado a cada grupo. Teniendo en cuenta todas estas condiciones, el vídeo puede contener locuciones, música o cualquier efecto de sonido siempre que estén libres de derecho. Además, se abre la posibilidad de que el idioma empleado en los vídeos sea tanto el español como el inglés, así como se consideran admisibles diferentes opciones en el formato de grabación: .avi, .mov, .wmv, .flv. (UC, 2018a).

Una vez concluidas todas las reuniones, el vídeo finalmente resultante se ha tenido que enviar, dentro de un período de tiempo con fecha límite el 17 de marzo de 2019 – cabe destacar que se produjo una ampliación de la fecha de entrega de una semana, dado el limitado tiempo del que disponían los grupos para ejecutar su propuesta de trabajo- (UC, 2018a).

Las bases del concurso incluyen un apartado en la que se establecen los criterios seleccionados para la valoración del trabajo por parte del jurado, que para la presente edición han sido: la diversidad del material utilizado en el vídeo, el nivel científico de los proyectos y la creatividad.

Cabe destacar que, en el curso 2018-19, los tres primeros grupos clasificados, han recibido un premio económico como reconocimiento a su buena labor, siendo los galardonados en esta edición los siguientes grupos.:

- 1er premio: 500 euros. (*IES Astillero de El Astillero*)
- 2º premio: 400 euros. (*IES Santa Clara de Santander*)
- 3er premio: 300 euros. (*IES Foramontanos de Cabezón de la Sal*)

(UC, 2019b).

Además, y aunque en esta edición no ha sido preciso, el jurado se reserva el derecho de no conceder el premio o de declarar el concurso desierto ante una posible presentación de trabajos sin unos mínimos de calidad exigibles. Como resulta obvio en concursos de este carácter, los fallos del jurado son inapelables (UC, 2018a).

En esta edición del CONCURSO CIENCIA CON ARTE, correspondiente al curso escolar 2018/2019, los premios se entregaron el 27 de marzo en un acto realizado en el salón de actos *Leonardo Torres Quevedo*, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander de la Universidad de Cantabria.

A lo largo del acto, los grupos de alumnos participantes, así como los profesores e investigadores responsables, expusieron de manera breve su experiencia vivida a lo largo del proyecto. De este modo y con el aporte de todas y cada una de las partes intervinientes en el concurso, se pudo cerrar el proceso de esta primera edición del concurso CIENCIA CON ARTE de forma exitosa.

Todos los proyectos presentados pueden verse en la página de la Unidad de Cultura Científica de la UC (UC, 2019a).

3.2. Orientaciones curriculares relacionadas con las actividades STEAM del concurso CIENCIA CON ARTE

Durante el desarrollo de las actividades STEAM a lo largo del concurso, se busca enfatizar la aportación de las diversas disciplinas, y la capacidad de colaboración entre las distintas materias, incrementando así las aplicaciones reales de las mismas, y ayudando a los alumnos a vislumbrar el papel actual de cada una de ellas dentro de la globalidad de los contenidos científicos.

Con todo, estas actividades STEAM deben responder ante las orientaciones establecidas por el decreto vigente, ya que como docentes debemos ser capaces de cumplir con los requisitos presentes en el currículo de forma irrefutable.

Es por esto por lo que, a continuación, se señalarán todos los aspectos educativos que estas actividades STEAM cumplen de forma genérica dentro del currículo de Matemáticas, para los cursos de 4º de ESO en sus dos modalidades,

1º y 2º de Bachillerato, dado que en esta edición de 2018-19, los alumnos participantes se han limitado a estos niveles educativos.

Según el Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria, nos encontramos que para cada uno de los niveles educativos implicados en el concurso CIENCIA CON ARTE se señalan una serie de orientaciones metodológicas que a priori consiguen fundamentar y relacionar el concurso con el currículo vigente.

Matemáticas orientadas a las enseñanzas académicas (4º de ESO)

Dentro de las Matemáticas orientadas a las enseñanzas Académicas, dentro del curso de 4º de ESO, se encuentran las siguientes orientaciones metodológicas que guardan una relación intrínseca con la actividad STEAM:

- “- Elaborar trabajos de investigación, adaptados a cada nivel, que introduzcan a los alumnos en la búsqueda de información, uso del lenguaje matemático, la generalización de problemas, la formalización de fenómenos extraídos de contextos reales y la exposición oral o escrita del propio trabajo.
- Coordinar la materia de Matemáticas con otras que puedan tener relación con ella. De esta forma se ayuda a una mejor comprensión de los conceptos, se percibe la utilidad de estos en otras áreas, y se presenta al alumno los nexos entre distintas materias como algo enriquecedor para su formación.”

Matemáticas orientadas a las enseñanzas aplicadas (4º de ESO)

En el caso del curso de 4º de ESO correspondiente a las Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales, se produce una ligera variación en las orientaciones metodológicas. Aun así, conseguimos encontrar una relación directa con la metodología STEAM:

“- Poner el foco en la aplicación práctica de los contenidos frente a los aspectos teóricos, de modo que los aprendizajes sean funcionales y adquieran un significado real para los alumnos”.

- “Utilizar la resolución de problemas y los proyectos de investigación como ejes fundamentales en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que permiten interpretar y resolver situaciones interdisciplinarias reales, desarrollando la creatividad”.

- “Trabajar el currículo de manera integrada, explicitando las conexiones internas entre los distintos bloques y haciendo ver las relaciones con otras materias de la ESO”.

Matemáticas I (1º de Bachillerato)

En el caso de las Matemáticas referidas al primer curso de Bachillerato, conseguimos vislumbrar las siguientes correlaciones con las actividades STEAM desarrolladas a lo largo del concurso:

- “Un papel primordial en la organización del proceso de enseñanza y aprendizaje, es la interacción alumno-profesor, actuando el segundo como facilitador de dicho proceso, implementando metodologías activas y adecuadas que, centradas en el alumno, faciliten su implicación y participación, para que éste sea responsable de su propio aprendizaje”.
- “Valoren la utilidad de la asignatura a través de situaciones que les permitan experimentar el gusto y la satisfacción al resolver tareas de forma correcta con éxito”.
- “Se les estimulará para que busquen información, planifiquen estrategias, tomen decisiones, hagan deducciones, interpreten sus soluciones y elaboren conclusiones.
- “Los nuevos conceptos se introducirán de forma gradual, enlazándolos con los ya conseguidos, estudiando nuevas relaciones y ampliando sus hábitos de manejo del pensamiento matemático, cada vez más abstracto, potente y general. Además, se deberá tener en cuenta la relación

transversal con otras materias del currículo para favorecer el estudio integral y no fragmentado de las mismas.”

-

Matemáticas (2º de Bachillerato)

En este caso, a pesar de participar un grupo de 2º de Bachillerato en la presente edición, las alumnas que lo han conformado pertenecen al Bachillerato de Bellas Artes, por lo que los contenidos orientados a las matemáticas no han podido experimentarse o desarrollarse de una manera fluida y coherente en relación con el currículum actual de Matemáticas correspondientes al curso de 2º de Bachillerato.

No obstante, no podemos supeditar todo a las orientaciones metodológicas, sino que también debemos encontrar una relación entre los contenidos didácticos del currículo y los contenidos que han ido desarrollándose a lo largo de la evolución del concurso.

Es evidente que las actividades STEAM desarrolladas durante el proceso del concurso CIENCIA CON ARTE son afines al decreto actual y podríamos establecer que el concurso cumple, a priori, con los objetivos metodológicos educativos presentes en el currículum de matemáticas en todos y cada uno de los cursos participantes en esta edición de 2018/2019.

No obstante, para un análisis más profundo de la metodología STEAM del concurso CIENCIA CON ARTE desde el punto de vista de las matemáticas, se debe focalizar la atención sobre los contenidos matemáticos presentes en los diferentes proyectos estudiados, como se abordará en el capítulo siguiente.

4. Una propuesta de evaluación de actividades en CIENCIA CON ARTE

4.1. Objetivos de la propuesta

Como se ha indicado en la introducción, el objetivo fundamental de este Trabajo de Fin de Máster, consiste en la evaluación de los aspectos matemáticos implicados en las actividades que se han desarrollado del concurso CIENCIA CON ARTE en el presente año académico.

El análisis del desarrollo del concurso CIENCIA CON ARTE desde una perspectiva matemática, tratará de dar respuesta a los siguientes objetivos:

- Establecer si los contenidos matemáticos presentes en la investigación son conocidos por el alumnado, y si éstos son capaces de reconocer o resolver los cálculos planteados por el investigador.
- Analizar si la metodología STEAM resulta conveniente como método de enseñanza en alumnos que presentan más dificultades en matemáticas.
- Establecer si, durante la realización del proyecto, se hace aparente una conexión de contenidos interdisciplinares, principalmente de las matemáticas con el resto de las materias.
- Analizar si los investigadores explican correctamente los contenidos matemáticos durante las reuniones mantenidas con los grupos de alumnos.

Todo ello limitado a los siguientes dos grupos de alumnos: un grupo de 4º ESO del IES Ocho de marzo de Castro Urdiales y otro grupo de 4º ESO del IES Fuente Fresnedo de Laredo, ambos participantes en el concurso durante el curso académico actual.

La razón para la elección de estos dos grupos se debe a la proximidad de estos con el domicilio del autor de este Trabajo de Fin de Máster, lo que ha facilitado su participación en el proceso seguido por las alumnas y alumnos de ambos grupos. En el Apartado 4.4. Contexto educativo del alumnado participante, se realizará una descripción de los dos grupos de alumnos que han sido analizados.

4.2. Planteamiento de la propuesta

Un proyecto con las características del concurso CIENCIA CON ARTE debe analizarse desde una perspectiva global, teniendo en consideración todos y cada uno de los distintos elementos que intervienen a lo largo del proceso. Estos elementos son:

- Las alumnas y los alumnos que conforman los grupos participantes en el concurso.
- Los profesores/as responsables del centro educativo, como tutores/as de los grupos participantes en el concurso.
- Los tutores/as de la UC responsables de las diferentes líneas de investigación presentes en el concurso (los llamados “investigadores responsables”).

En nuestra propuesta de evaluación, a pesar de tener en cuenta las diferentes perspectivas de estos tres grupos protagonistas del concurso, se pretende plasmar una visión global del mismo, a través de la observación de los tres elementos mencionados con anterioridad, cuando trabajan e interactúan juntos, de forma que se consiga extraer una conclusión más objetiva, a la par que efectiva, sobre la influencia del concurso en el alumnado participante.

Con la intención de cumplir con todos los objetivos expuestos con anterioridad (ver Apartado 4.1. Objetivos de la propuesta), se han establecido una serie de pautas que son las que definen la línea de trabajo desarrollada durante la evaluación del concurso CIENCIA CON ARTE.

Con el fin de obtener unos resultados coherentes y lo más fieles posible con el proceso experimentado durante la realización del concurso CIENCIA CON ARTE, se ha seguido una metodología de recogida información que aúna técnicas tanto de carácter cuantitativo como cualitativo, como bien hemos podido ver durante la asignatura “*La Investigación Educativa para la Mejora de la Enseñanza y el Desarrollo Personal*”, dentro del módulo genérico del *Máster en Formación del Profesorado de Secundaria*, durante el presente curso 2018/2019.

Por un lado, dentro de las técnicas cuantitativas empleadas se han considerado de forma fundamental el uso de cuestionarios como método eficaz de aportación de *feedback* útil y riguroso de la situación experimentada por cada uno de los elementos intervinientes durante el concurso.

Los cuestionarios se han repartido entre los alumnos/as de dos de los siete grupos participantes, así como entre los profesores/as responsables del centro de cada uno de los dos grupos y los investigadores responsables de la UC.

La configuración de cada uno de los cuestionarios puede verse en el Anexo, donde se exponen cada uno de los apartados en detalle.

Por otro lado, como técnica cualitativa, se ha llevado a cabo una fase de observación de esos dos grupos participantes en el concurso a los que se ha hecho referencia anteriormente.

Como bien pudimos ver en la asignatura “*La Investigación Educativa para la Mejora de la Enseñanza y el Desarrollo Personal*”: “(La observación) Es el proceso de contemplar sistemática y detenidamente cómo se desarrolla la vida social, sin manipularla ni modificarla, tal cual ella discurre por sí misma.” (Ruiz, 2012)

Es por esto por lo que, para poder llevar a cabo un análisis con una mayor profundidad y de un mayor calado, se ha llevado a cabo la observación de dos de los grupos participantes en el concurso con el fin de apreciar todas las interrelaciones presentes entre los alumnos, los profesores y los investigadores, y así poder realizar una valoración global de la influencia que el proceso de investigación desarrollado ha tenido sobre cada grupo participante.

A través de la implementación de ambas técnicas en el análisis del concurso, se consigue un nivel de información de mayor proximidad al comportamiento real que han desarrollado los alumnos, profesores e investigadores participantes en los respectivos proyectos. De esta forma, se consiguen complementar las opiniones de cada uno de los actores intervinientes en el concurso con las

observaciones “in situ” llevadas a cabo durante las reuniones que se han llevado a cabo durante este curso 2018/2019.

4.3. Recogida de información

La recogida de información, como se ha mencionado anteriormente, se ha efectuado mediante cuestionarios repartidos entre los tres agentes presentes en las líneas de investigación: alumnado, profesorado y miembros de la investigación.

Las instrucciones y pautas que han de ser seguidas, para la cumplimentación de los cuestionarios, están redactadas y adaptadas de forma especial a cada uno de los colectivos de encuestados, de forma que resulte sencilla de entender, sobre todo para el caso de los alumnos/as, los cuales es probable que dispongan de una menor experiencia en la realización de encuestas o cuestionarios de este tipo.

Los cuestionarios han sido confeccionados con el propósito de obtener el mayor “*feedback*” posible desde cada una de las partes participantes en los proyectos del concurso CIENCIA CON ARTE. La composición de estos se ha planteado mediante dos partes bien diferenciadas, que explicaremos en detalle a continuación.

La primera parte de los cuestionarios, que es del mismo tipo para los tres agentes evaluados (alumnos, profesores e investigadores), se basa en una serie de preguntas cerradas conforme a una escala de tipo Likert, lo que permite a partir de una serie de enunciados preestablecidos, medir actitudes o predisposiciones individuales dentro de cierto contextos específicos y particulares (Ávila, 2006), siendo en este caso el contexto propio al desarrollo del concurso CIENCIA CON ARTE.

Dentro de esta primera parte, cada pregunta o afirmación hace referencia a la opinión del encuestado (ya sea alumno, profesor o investigador), el cual debe contestar indicando su mayor grado de satisfacción (Totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, de acuerdo o totalmente de acuerdo). Es preciso señalar que si bien en un primer momento se incluía una quinta opción de respuesta de valor

intermedio dentro de la escala (ni de acuerdo ni en desacuerdo) que finalmente fue eliminada puesto que se pretende obtener una respuesta firme y decidida, dado el reducido número de participantes.

Con esta primera parte, lo que se pretende es tener en consideración las opiniones de cada uno de los elementos presentes en el concurso, y poder: establecer en primera instancia, si el concurso cumple con sus objetivos originales marcados (ver Apartado 3.1. Descripción del Concurso), e identificar en segunda instancia si la metodología STEAM está presente en el desarrollo del concurso garantizándose la presencia de contenidos interdisciplinares entre las matemáticas y otras materias de índole científico, y que los proyectos presentes en el concurso tienen una influencia positiva sobre aquellos alumnos que presentan más dificultades en matemáticas.

Para la segunda parte, es preciso realizar una pequeña división: los profesores/as e investigadores/as han contestado a una serie de preguntas abiertas, mientras que los alumnos/as han resuelto unos ejercicios relacionados con las matemáticas presentes en la línea de investigación que han desarrollado durante el concurso.

Por un lado, tanto profesores/as como investigadores/as han debido de responder a una serie de preguntas abiertas en las que han podido mostrar su opinión de una forma más libre, resaltando de una forma más precisa tanto los puntos fuertes como los puntos débiles de toda la experiencia vivida. De este modo, obtenemos unas respuestas templadas y medidas que llegan desde las dos figuras con mayor responsabilidad de los grupos participantes en el concurso, que nos indican en cierto grado si los objetivos del concurso CIENCIA CON ARTE se han cumplido (ver Apartado 3.1. Descripción del Concurso) y si existe una predisposición entre los investigadores/as y profesor/es a profundizar en los contenidos matemáticos vistos durante las sesiones con los grupos de alumnos/as.

Por otro lado, las alumnas y alumnos han resuelto una serie de problemas específicos para cada grupo, en los que se ha puesto en valor la influencia de

las matemáticas en las diferentes líneas de investigación analizadas. Mediante estos problemas, se puede comprobar si los contenidos matemáticos presentes en la investigación son conocidos por el alumnado, y si éste ha sido capaz o no de reconocer o resolver los cálculos planteados.

En el Apartado 4.5. Descripción del desarrollo de la experiencia, se realiza un análisis más exhaustivo del tipo de preguntas planteadas en los distintos cuestionarios.

4.4. Contexto educativo del alumnado participante

Como se ha mencionado en el Apartado 4.2. Desarrollo de la propuesta, el otro método de recogida de información además de los cuestionarios es la observación “*in situ*” de dos de los seis grupos participantes en la edición del CONCURSO CIENCIA CON ARTE en el presente curso académico 2018/2019.

Los grupos analizados han sido los grupos pertenecientes a los centros educativos de Castro Urdiales y de Laredo, en la zona oriental de Cantabria.

Por un lado, el centro de Castro Urdiales es el IES Ocho de marzo, que ha presentado un grupo de alumnos y alumnas de 4º de ESO, en la modalidad de Enseñanzas Aplicadas, el cual ha desempeñado su labor dentro del concurso a lo largo de las clases de la asignatura troncal de opción “Ciencias aplicadas a la Formación Profesional” (IES8DEMARZO, s.f.).

El IES Ocho de marzo es un centro de reciente creación, ya que entró en funcionamiento en el curso 2015/2016. Se sitúa al este de la villa de Castro Urdiales, en una zona de reciente construcción que sirve de ampliación al tejido urbanístico de la localidad cántabra. El centro tiene adscritos a alumnas y alumnos procedentes de los CEIP San Martín de Campijo y Riomar de Castro Urdiales, así como del CEIP Nuestra Señora de las Nieves de Guriezo, y tiene una oferta formativa actual compuesta por cuatro niveles de Educación Secundaria Obligatoria, un Ciclo Formativo de Grado Medio en Auxiliar de Clínica y un programa de dos cursos de mejora del aprendizaje y rendimiento (PMAR) (IES8DEMARZO, s.f.).

Dentro del concurso, este grupo, conformado por 2 alumnas y 12 alumnos, y denominado “Ciencias aplicadas a la Formación Profesional” ha seguido la línea de investigación “LIFE 2-ACID «Hacia un uso sostenible de los recursos metálicos en la industria galvánica»” del Grupo Tecnologías Ambientales y Bioprocesos, Departamento de Ingenierías Química y Biomolecular de la E.T.S. de Ingenieros Industriales y Telecomunicación (UC., 2018b).

El documento aportado por la Unidad de Cultura Científica de la UC que recoge los Proyectos de investigación para el Concurso Ciencia con Arte establece como breve resumen de la línea de investigación correspondiente al Proyecto 6 lo siguiente:

“El programa europeo LIFE ENVIRONMENT tiene por objetivo reducir el impacto ambiental de la producción y consumo de bienes y servicios. En este contexto, el proyecto LIFE-2-ACID propone una innovadora solución tecnológica que integra la extracción selectiva basada en tecnología de membranas y la electrodeposición, que permitirá la recuperación selectiva del contenido de zinc metálico presente en los ácidos de decapado agotados generados la galvanización de metales. También se recuperará el contenido de cloruro de hierro, que será utilizado en la purificación de aguas residuales” (UC., 2018b).

Por otro lado, el centro de Laredo es el IES Fuente Fresnedo, el cual ha presentado un grupo de alumnas de 4º de ESO, en la modalidad de Enseñanzas Académicas, el cual ha desempeñado su labor dentro del concurso como un complemento a las clases de la asignatura troncal de opción “Biología y Geología” (IESFUENTEFRESNEDO, s.f.).

El IES Fuente Fresnedo es un centro con más de 25 años de vida. Si bien en un principio iba a ser un centro dedicado completamente a la Formación Profesional, se adaptó a la activa demanda de la zona oriental de la comunidad. Se sitúa al sureste del núcleo urbano de la villa de Laredo, en una zona de ya asentada desde los años 80 como una zona de carácter residencial. El centro recibe alumnas y alumnos de los cuatro colegios de Laredo, así como de otras

localidades de la zona comarcal, dada su elevada oferta formativa actual, la cual se compone por cuatro niveles de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato de Ciencias y Tecnología y de Humanidades y Ciencias Sociales, dos Ciclos de Formación Profesional Básica en Cocina y restauración y en Mantenimiento de vehículos, cinco Ciclos Formativos de Grado Medio en Gestión administrativa, Cocina y gastronomía, Servicios en restauración, Carrocería y Electromecánica de vehículo automóviles y tres Ciclos Formativos de Grado Superior en Administración y Finanzas, Dirección de cocina y Automoción. (IESFUENTE FRESNEDO, s.f.).

Dentro del concurso, este grupo, conformado por 5 alumnas, y denominado “Science Today” ha seguido la línea de investigación “Mecanismos epiteliales de defensa de la piel contra los efectos mutagénicos del Sol” del Instituto de Investigación Sanitaria Marqués de Valdecilla (IDIVAL) (UC, 2018b).

El documento aportado por la Unidad de Cultura Científica de la UC que recoge los Proyectos de investigación para el Concurso Ciencia con Arte establece como breve resumen de la línea de investigación correspondiente al Proyecto 2 lo siguiente:

“La epidermis es la capa protectora de la piel, pero está permanentemente expuesta a los rayos ultravioleta (UV) del Sol. La melanina producida por los melanocitos oscurece la piel para absorber la radiación, pero en muchos casos no es suficiente, en especial en pieles claras. La epidermis además es un tejido en continua regeneración, con lo que el riesgo de mutaciones que den lugar al cáncer es muy alto. Por estos motivos el cáncer epitelial de piel (carcinoma) es el más frecuente de todos. Sin embargo, la mayoría de las personas no sufren de esta enfermedad hasta edades avanzadas. ¿Cómo se protege pues la epidermis del continuo impacto de la luz UV en el material genético (ADN)? Queremos encontrar las rutas moleculares y celulares que realizan esta función tan importante para el organismo.” (UC, 2018b).

A continuación, se realizará una pequeña descripción del proceso experimentado durante la observación de los dos grupos.

4.5. Descripción del desarrollo de la experiencia

Mi primera experiencia en este concurso CIENCIA CON ARTE se dio con el grupo “Ciencias aplicadas a la Formación Profesional” del IES Ocho de marzo, en el municipio de Castro Urdiales.

Esta primera observación se realizó en los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Fue una experiencia que se desarrolló el 18 de diciembre de 2018, en la que pude apreciar al alumnado desenvolviéndose en un laboratorio de alta tecnología.

La segunda participación con el grupo castreño se dilató hasta el 6 de febrero, ya en las instalaciones del centro educativo. En este punto, las ideas planteadas para la elaboración del vídeo se encontraban muy avanzadas, ya que prácticamente todos las alumnas y alumnos participantes habían conseguido realizar sus manualidades, que luego utilizarían a la hora de grabar el vídeo.

Debe resaltarse que, durante el mes de enero, mantuvieron una conexión vía *Skype* con el fin de aclarar las ideas principales planteadas por los participantes para la realización del proyecto de vídeo, objeto del concurso.

En cuanto al grupo “Science Today” del IES Fuente Fresnedo de Laredo, tuve ocasión de acompañarlos en una sesión desarrollada el día 15 de febrero en las instalaciones del mismo centro escolar.

Durante esta sesión, pude ver “in situ” las interrelaciones entre el investigador y las alumnas participantes. Ya en esta sesión se establecieron las pautas a seguir para la realización del vídeo objeto del concurso, quedando en cierto modo resueltas las dudas de las participantes entorno a los conceptos y procesos presentes en la investigación.

Es preciso señalar que, si bien no se realizaron más reuniones de finalidad práctica, el grupo mantuvo conexiones vía *Skype* y vía *email* con el investigador responsable, con el fin de resolver dudas y actualizar las distintas fases de elaboración del vídeo.

Si bien quizás mi participación debería de haber concluido en este punto, gracias a la amable invitación de Beatriz Salas Vegue, coordinadora de la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i) de la Universidad de Cantabria, pude participar de la jornada de presentación de los trabajos por parte de los distintos grupos participantes en el concurso, durante el día 27 de marzo de 2019, en el salón de actos *Leonardo Torres Quevedo* de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander de la Universidad de Cantabria.

En esta jornada final, no pude apreciar el proceso del concurso de una forma tan viva como con los dos grupos observados, pero si pude comprobar el alto nivel del alumnado participante, así como de su gran desempeño y buen hacer en la elaboración de los vídeos presentados, lo cual dista bastante de ser una tarea sencilla.

Una vez finalizado el concurso, trasladé los distintos cuestionarios a cada uno de los agentes analizados en este trabajo a lo largo de la primera semana de mayo. Por comodidad, a los investigadores de ambos grupos, y a la profesora y al grupo de alumnos del IES Ocho de marzo de Castro Urdiales, les envié los respectivos cuestionarios mediante correo electrónico, con el fin de facilitar al máximo posible tanto la entrega como el reenvío de éstos cumplimentados. En el caso del IES Fuente Fresnedo de Laredo, pude hacer entrega de los cuestionarios a la profesora responsable en persona, puesto que he desarrollado mi período de prácticas en dicho centro educativo.

En cuanto al contenido de los cuestionarios, si bien es cierto que se ha hecho una explicación más técnica y global en el Apartado 4.3. Recogida de información, a continuación, se va a realizar una descripción algo más detallada sobre el contenido de los cuestionarios.

Como bien se ha explicado en el Apartado 4.3, cada actor participante en el concurso CIENCIA CON ARTE ha recibido un cuestionario personalizado, para poder apreciar de esta forma, los distintos puntos de vista que han intervenido a lo largo del proceso.

Si nos centramos en los investigadores, sus cuestionarios se dividen en dos partes: una primera parte compuesta por preguntas cerradas, y una segunda parte compuesta por preguntas abiertas.

En la primera parte, puede realizarse a su vez, una subdivisión en tres bloques: un bloque de 4 preguntas (de la pregunta 1 a la 4) en el que se hace referencia a los aspectos más individuales y educativos de los que los alumnos se han podido beneficiar a nivel tanto individual como colectivo; un segundo bloque de 6 preguntas (de la pregunta 5 a la 10) en el que se cuestionan aspectos referentes a la participación o influencia de la profesora y al desempeño e interés del alumnado en el concurso, así como del peso de cada uno en el proceso desarrollado; y un tercer bloque de 5 preguntas (de la pregunta 11 a la 15) en el que se hace referencia a las conexiones existentes entre la línea de investigación tratada y las matemáticas presentes en la misma.

Dentro de la segunda parte, se han establecido 5 preguntas abiertas en las que los investigadores han podido mostrar su opinión acerca de aspectos característicos del concurso, como: tiempo invertido, aspectos a mejorar en la relación investigador-alumnado-profesor, opinión sobre las bases del concurso y posibles correcciones en las mismas, y observaciones personales sobre la participación en el concurso.

En cuanto a los profesores, el cuestionario sigue la misma estructura que en el caso correspondiente a los investigadores, tanto en la primera como en la segunda parte de este.

El cuestionario del alumnado, como puede verse en el Apartado 4.3, tiene una pequeña variación que lo hace diferente al de los investigadores y profesores. Como en los dos casos anteriores, está conformado por dos partes: una primera parte compuesta por un cuestionario de preguntas cerradas, y una segunda parte formada por una serie de ejercicios matemáticos.

La primera parte, es muy similar a las partes homólogas de los cuestionarios de los investigadores y profesores. Está formada por tres bloques: un primer bloque de 5 preguntas (de la pregunta 1 a la 5) en las que se hace referencia al proceso

de aprendizaje vivido durante el concurso, tanto a nivel individual como colectivo; un segundo bloque de 4 preguntas (de la pregunta 6 a la 9) en el que se responde a cuestiones relacionadas con la influencia o el papel del profesor y del investigador en el proceso realizado; y un último bloque de 6 preguntas (de la pregunta 10 a la 15) en las que se hace referencia a las conexiones apreciadas entre las matemáticas y la línea de investigación desarrollada a lo largo del concurso.

En la segunda parte, cada grupo analizado ha debido de resolver un total de tres problemas de carácter matemático relacionados con las líneas de investigación desarrolladas, de forma que pueda establecerse si las matemáticas han intervenido dentro del concurso, y de ser así, en qué nivel han influido en el aprendizaje del alumnado participante.

Por un lado, en el caso del grupo del IES Ocho de marzo, dos de los tres ejercicios propuestos se centran en la resolución de ecuaciones de 1er grado, siendo uno de los ejercicios completamente igual a las fórmulas resueltas durante la visita de los alumnos a los laboratorios de química de la UC. El tercer ejercicio se centra en el cálculo del volumen de un cuerpo (un depósito), algo muy relacionado con la temática tratada por la línea de investigación seguida.

Por otro lado, los ejercicios propuestos para el grupo del IES Fuente Fresnedo se proponen de una manera “forzada”, dada la ausencia de contenido matemático presente en la línea de investigación desarrollada. Un ejercicio se centra en el cálculo de porcentajes, otro en el cálculo de áreas mediante la resolución de una ecuación de segundo grado, y en el último ejercicio se propone la resolución de un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas. En los tres problemas, existe una relación entre las matemáticas y la temática de la línea de investigación desarrollada, pero no de una forma tan propicia o natural como en el caso del grupo del IES Ocho de marzo, descrito previamente.

En los diferentes apartados del Anexo, se presentan los cuestionarios empleados en la recogida de información. Como bien se ha detallado anteriormente y en el Apartado 4.3. Recogida de información, se corresponden

tres cuestionarios distintos para cada grupo analizado: uno para los responsables de la investigación, uno para los profesores responsables de los grupos y otro para los alumnos y alumnas participantes en el concurso CIENCIA CON ARTE.

5. Resultados y análisis de los mismos

El análisis de los resultados obtenidos va a realizarse de forma separada, tomando por un lado los resultados correspondientes a los dos grupos de alumnos analizados, para analizar en segundo lugar los resultados de los investigadores de forma conjunta, proceso que se repetirá en el caso de los profesores, de forma que puedan verse de manera más clara, las diferencias existentes entre los dos grupos analizados.

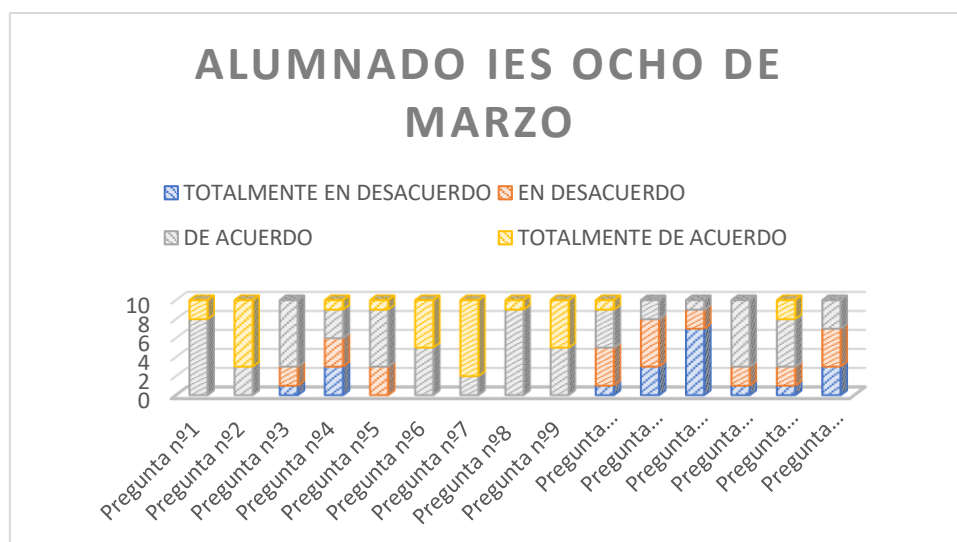
5.1. Cuestionario Alumnado IES Ocho de marzo

Parte I. Cuestionario de preguntas cerradas.

Los resultados del IES Ocho de marzo de Castro Urdiales se presentan en la siguiente tabla:

Cuestionario Alumnado IES Ocho de marzo	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
Pregunta nº1			8	2
Pregunta nº2			3	7
Pregunta nº3	1	2	7	
Pregunta nº4	3	3	3	1
Pregunta nº5		3	6	1
Pregunta nº6			5	5
Pregunta nº7			2	8
Pregunta nº8			9	1
Pregunta nº9			5	5
Pregunta nº10	1	4	4	1
Pregunta nº11	3	5	2	
Pregunta nº12	7	2	1	
Pregunta nº13	1	2	7	
Pregunta nº14	1	2	5	2
Pregunta nº15	3	4	3	

Para su análisis, se han dispuestos los resultados de la siguiente forma gráfica:



Como puede apreciarse en la gráfica anterior, existe una tendencia positiva en los dos primeros bloques de preguntas (de la pregunta 1 a la 5 y de la pregunta 6 a la 9) en relación al aprendizaje individual como colectivo y a la participación e implicación de la investigadora y de la profesora. No obstante, en el tercer bloque del cuestionario (de la pregunta 10 a la 15), referido a las relaciones existentes entre las matemáticas y la línea de investigación desarrollada, existe una mayor disparidad en las respuestas, aunque sigue predominando la opinión positiva entorno a este aspecto.

El grupo “Ciencias Aplicadas a la Formación Profesional” del IES Ocho de marzo de Castro Urdiales, considera de forma unánime que su participación en el concurso CIENCIA CON ARTE ha sido positiva para su aprendizaje, dado que le dan un importante peso al trabajo en equipo experimentado durante la elaboración del proyecto, y consideran que las clases se han hecho más interesantes a través de su participación en el concurso.

Por otro lado, existe una mayoría notable de los participantes que consideran que, durante el concurso, han conseguido entender conceptos científicos de una forma más sencilla y práctica, gracias a que tanto la profesora como la investigadora se han involucrado notablemente en el desarrollo del proyecto, resolviendo las dudas más notables tanto en clase como en las reuniones mantenidas durante el curso, respectivamente.

En cuanto a lo que el concurso ha supuesto para los alumnos, a nivel individual y en términos de conocimientos adquiridos, los estudiantes del IES Ocho de

marzo piensan, de forma generalizada, que durante el concurso han mejorado sus conocimientos en química, así como en conocimientos artísticos relacionados con la realización y edición del vídeo, y en sus habilidades a la hora de realizar las manualidades que la postre serían parte del vídeo.

No obstante, hay una disyuntiva en cuanto a los contenidos matemáticos vistos durante la realización del proyecto, predominando la consideración del alumnado de que ni han visto mejorados sus conocimientos matemáticos, ni el concurso les ha ayudado a apreciar la interdisciplinariedad existente entre la química y las matemáticas.

Por último, dentro de este pequeño análisis, los alumnos opinan que, tras el concurso, no se plantean la posibilidad de estudiar una carrera de carácter científico.

Parte II. Ejercicios propuestos.

Teniendo en consideración los resultados de los ejercicios de matemáticas ligados a la química que se les planteó a los alumnos del IES Ocho de marzo, podemos decir, como poco, que la motivación de los estudiantes hacia las matemáticas es bastante pobre.

De los tres ejercicios propuestos para este grupo, sólo 6 alumnos contestaron de manera correcta el primero de los ejercicios, relacionado con las ecuaciones de 1er grado que pudieron observar durante una de las reuniones mantenidas con la investigadora. Otros 3 de ellos lo intentaron de forma errónea, mientras que 4 de ellos lo dejaron en blanco.

En el segundo ejercicio, relacionado con el volumen de un cuerpo cilíndrico, sólo hubo 1 alumno que lo intentó, de forma errónea, y siendo 12 alumnos los que lo dejaron en blanco.

En el tercer y último ejercicio, los 13 alumnos que participaron en el concurso lo dejaron en blanco, cuando vieron la misma fórmula, que también era una ecuación de 1er grado, durante una de las sesiones con la investigadora en la Universidad de Cantabria.

Los motivos más destacados ante esta escasez de resultados fueron, de forma mayoritaria: la “pereza” que les suponía realizarlos, y la falta de memoria, ya que no se acordaban de cómo plantear ni realizar los distintos problemas.

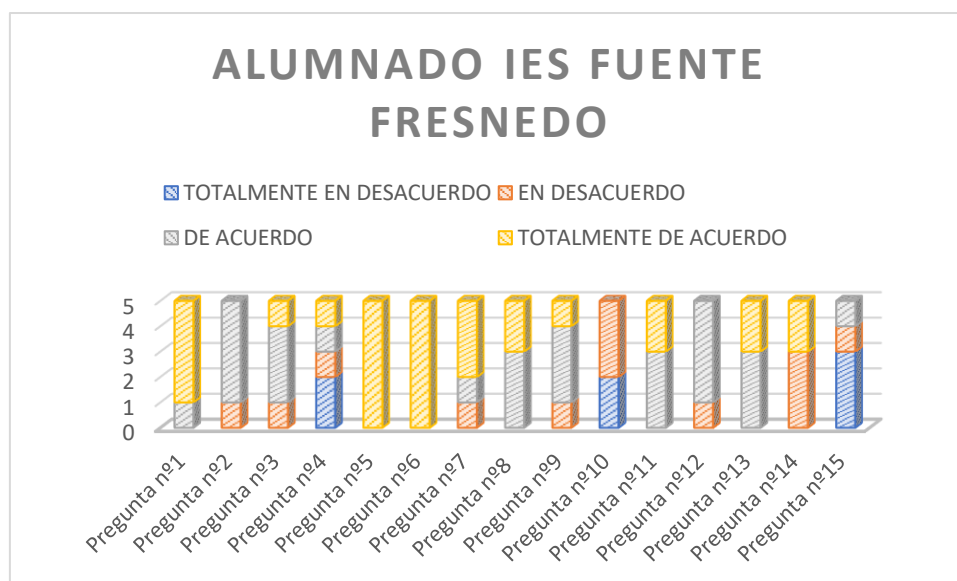
5.2. Cuestionario Alumnado IES Fuente Fresnedo

Parte I. Cuestionario de preguntas cerradas.

Los resultados del IES Fuente Fresnedo de Laredo se presentan en la siguiente tabla:

Cuestionario Alumnado IES Fuente Fresnedo	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
Pregunta nº1			1	4
Pregunta nº2		1	4	
Pregunta nº3		1	3	1
Pregunta nº4	2	1	1	1
Pregunta nº5				5
Pregunta nº6				5
Pregunta nº7		1	1	3
Pregunta nº8			3	2
Pregunta nº9		1	3	1
Pregunta nº10	2	3		
Pregunta nº11			3	2
Pregunta nº12		1	4	
Pregunta nº13			3	2
Pregunta nº14		3		2
Pregunta nº15	3	1	1	

Los resultados se han dispuestos en la siguiente gráfica:



En la gráfica anterior, puede apreciarse que como en el caso del otro grupo, existe una tendencia positiva en los dos primeros bloques de preguntas (de la pregunta 1 a la 5 y de la pregunta 6 a la 9) en relación al aprendizaje individual como colectivo que han podido recibir durante el concurso y a la participación e implicación del investigador y de la profesora a lo largo de este. En este caso, en el tercer bloque del cuestionario (de la pregunta 10 a la 15), referido a las relaciones existentes entre las matemáticas y la línea de investigación desarrollada, si bien es cierto que también existe una disparidad evidente en las respuestas elegidas, la línea general de las mismas sigue una tendencia más negativa que en el grupo de alumnos anterior.

En este caso, las alumnas del grupo “*Science Today*” del IES Fuente Fresno de Laredo, puede apreciarse una opinión generalizada en cuanto a la experiencia del concurso CIENCIA CON ARTE. Consideran que su participación en el proyecto ha sido muy positiva para su aprendizaje, puesto que entienden que ha sido un método muy interesante para aprender contenidos complejos de biología. Todas han destacado la importancia de su profesora, que ha servido de guía fundamental durante el desarrollo de la propuesta, sobre todo en la aclaración de los contenidos propuestos por el investigador, así como del investigador, del que también destacan su buen hacer y su dedicación para facilitarles la comprensión de los contenidos más complejos.

No obstante, existe una disyuntiva evidente en cuanto a la aclaración de dudas por parte del investigador a lo largo de las reuniones mantenidas, donde quizás podría haber sido algo mayor, según las alumnas.

También hay división de opiniones en cuanto al trabajo en equipo, del que las estudiantes del IES Fuente Fresnedo piensan que no se ha notado de una manera evidente durante la elaboración del proyecto.

En cuanto a la mejora de los conocimientos en el campo de biología, todas piensan que el concurso les ha ayudado positivamente, dado el alto nivel de los contenidos presentes en la investigación.

Otra línea por destacar en el concurso, centrada en los conocimientos artísticos (elaboración de la idea del vídeo, edición del vídeo, manualidades...), genera cierta controversia en las alumnas participantes, puesto que más de la mitad del grupo consideran que no han mejorado en este campo.

Si nos referimos a los contenidos de carácter matemático vistos durante la realización del proyecto durante el concurso, las alumnas consideran de forma mayoritaria que, ni han visto mejorados sus conocimientos matemáticos lo más mínimo, ni les ha ayudado a apreciar las conexiones interdisciplinares entre la biología y las matemáticas.

Por último, es destacable que hay una mayoría las participantes que consideran, aunque no sea de forma rotunda, la posibilidad de estudiar una carrera científica en el futuro.

Parte II. Ejercicios propuestos.

En esta segunda parte de ejercicios propuestos para las alumnas del IES Fuente Fresnedo, se obtuvieron unos resultados bastante dispares con respecto a los presentados por sus homónimos del IES Ocho de marzo, aunque es cierto que debe mencionarse que la dificultad era inferior.

En el primer ejercicio propuesto, referido al cálculo de porcentajes, 3 de las 5 alumnas lo contestaron correctamente, mientras que una de ellas lo hizo de forma errónea y otra de ellas no llegó a completar el ejercicio, dejándolo en blanco.

El segundo ejercicio, propuesto para el cálculo de áreas, supuso un mayor problema para las alumnas, pues sólo una de ellas fue capaz de dar una solución correcta al mismo, mientras que dos de ellas lo plantearon de forma equivocada, y otras dos alumnas lo dejaron en blanco.

En el tercer y último ejercicio, con un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas, 2 de ellas lo contestaron de forma correcta, una tercera tuvo un error leve, y otras 2 compañeras lo dejaron en blanco.

Debo señalar que, los ejercicios matemáticos propuestos para este grupo se realizaron de una manera bastante “forzada”, con relación a la escasez de contenido matemático presente en su línea de investigación, siendo este cuestionario la única conexión entre la biología y las matemáticas que las alumnas han visto en todo el desarrollo del concurso.

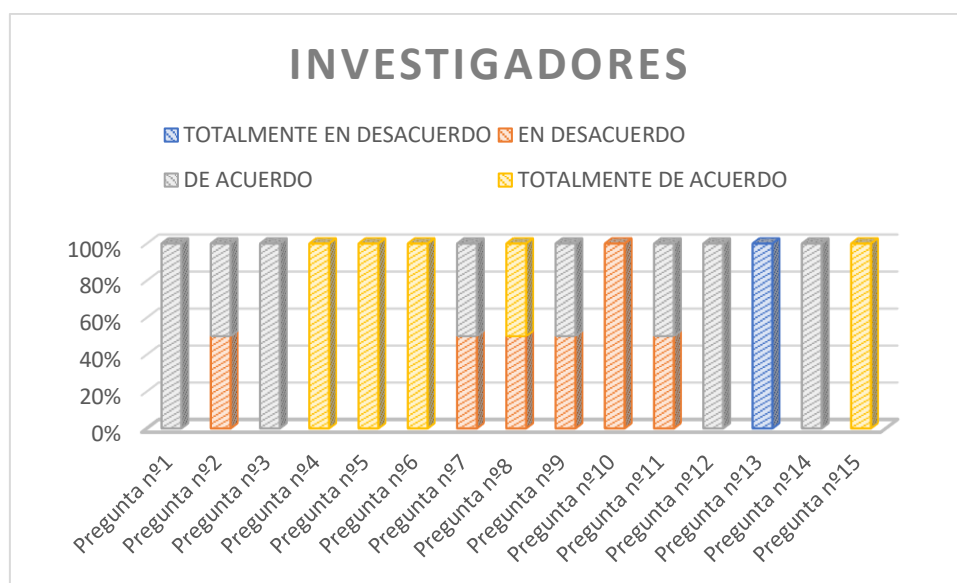
5.3. Cuestionario Tutores de la UC responsables de la investigación

Parte I. Cuestionario de preguntas cerradas.

Los resultados de los investigadores de las líneas seguidas en los proyectos del IES Ocho de marzo y del IES Fuente Fresnedo se presentan en la siguiente tabla:

Cuestionario Investigadores	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
Pregunta nº1			2	
Pregunta nº2		1	1	
Pregunta nº3			2	
Pregunta nº4				2
Pregunta nº5				2
Pregunta nº6				2
Pregunta nº7		1	1	
Pregunta nº8		1		1
Pregunta nº9		1	1	
Pregunta nº10		2		
Pregunta nº11		1	1	
Pregunta nº12			1	
Pregunta nº13	2			
Pregunta nº14			2	
Pregunta nº15				2

Para su análisis, los resultados se han dispuesto en la siguiente gráfica:



Como puede apreciarse en la gráfica dispuesta previamente, hay 10 preguntas del cuestionario en las que la opinión de ambos investigadores coincide plenamente, existiendo 5 preguntas en las que los mismos han elegido una respuesta diferente. Además, dentro de estas 5 preguntas, las respuestas tienen un carácter opuesto o contrario, sin mostrarse una tendencia positiva o negativa, común a ambos. Aún así, la diferencia más destacable se da de manera única en la pregunta 8, en la que se hace referencia a la participación de los alumnos en el proceso del concurso. Puede establecerse que, si bien en los bloques 1 (de la pregunta 1 a la 4) y 3 (de la pregunta 11 a la 15), las respuestas coinciden en ambos agentes encuestados, es en el bloque 2 (de la pregunta 5 a la 10), referente a la participación activa del alumnado y de las relaciones de éste con el profesor responsable, donde hay una disyuntiva más clara.

Los investigadores de las dos líneas de trabajo que he podido analizar, estiman en primera instancia que, la experiencia ha sido positiva para los alumnos, ya que han podido ver contenidos complejos de una manera sencilla y práctica, a través del trabajo en equipo, el cual ha primado por encima del trabajo individual en ambos proyectos.

Es preciso señalar que, los investigadores piensan que los profesores se han involucrado de una forma activa en los proyectos, ayudando a los estudiantes en

todo momento, lo que ha podido suponer una influencia excesiva sobre la propia autonomía de los alumnos participantes.

No obstante, en este último apartado existe una disyuntiva entre la opinión de los grupos, lo que se complementa con la opinión de que uno de los grupos, no se han involucrado demasiado, dependiendo mucho de los profesores y de los propios investigadores, que se han visto “obligados” a “tirar” de los estudiantes, debido a su falta de motivación o interés.

Ambos investigadores creen que los contenidos vistos durante el concurso no han sido excesivamente complejos para un alumnado de 4º ESO, lo que choca en parte con las numerosas dudas sobre nociones básicas que los alumnos les presentaban durante las reuniones mantenidas.

Es destacable que, ambos investigadores consideran que la participación en el concurso ha mejorado los conocimientos de química y de biología de los estudiantes participantes, y que, por el contrario, ha resultado nula la influencia de las matemáticas presentes en las líneas de investigación, lo que se corrobora con la opinión de los alumnos expuesta en los dos apartados anteriores.

Para finalizar este análisis referido a los investigadores de las dos líneas de trabajo observadas, ambos piensan que deberían fomentarse más concursos como éste, en los que las carreras científicas se acercan a los estudiantes de Secundaria de una forma tan viva y beneficiosa.

Parte II. Cuestionario de preguntas abiertas.

En cuanto a la parte de respuestas abiertas de los investigadores, puede deducirse que existe un sentimiento generalizado sobre el desarrollo y la organización del concurso CIENCIA CON ARTE.

Según ellos, las bases del concurso permiten una heterogeneidad excesiva, en cuanto al nivel del alumnado, lo que le hace injusto en cierto modo, ya que los resultados que pueden aportar unos alumnos de 2º de Bachillerato, no serán los mismos que los de unos alumnos de 4º ESO.

Otro de los puntos que destacan, es la presencia de grupos de alumnos con un número de alumnos muy dispar. Por un lado, los grupos con más miembros

pueden repartir las tareas mejor, lo que hace que las labores sean más sencillas y rápidas, pero al ser más, hace más complicada la coordinación del grupo, por un lado, y las reuniones con el investigador, por otro.

Este es otro punto para destacar, el de las reuniones, ya que la distancia a Castro Urdiales y Laredo requiere de mayor tiempo, tanto de alumnos como de investigadores, lo que a veces ha imposibilitado establecer las reuniones fijadas por el concurso. El esfuerzo de los investigadores, y también de los profesores, resaltan, quizás requiera algo más de reconocimiento por parte de la organización del concurso, ya que su dedicación es voluntaria y externa a sus respectivas profesiones.

Ambos destacan que, la dedicación de los alumnos ha sido escasa, lo que ha llevado a las profesoras responsables a asumir un peso demasiado elevado, cuando la iniciativa debería salir de los propios alumnos. De hecho, señalan que, en algunos grupos, atendiendo a la jornada de presentación de los vídeos, los investigadores intervinieron demasiado en la realización del trabajo, restándole el peso protagonista al alumnado.

No obstante, si bien consideran que las condiciones del concurso deberían ser más restrictivas, priorizando la homogeneidad de los cursos participantes y del número de miembros por equipo, también estiman que el concurso CIENCIA CON ARTE supone una experiencia única y diferente, suponiendo una oportunidad para saber si la ciencia te gusta, como alumno, o no.

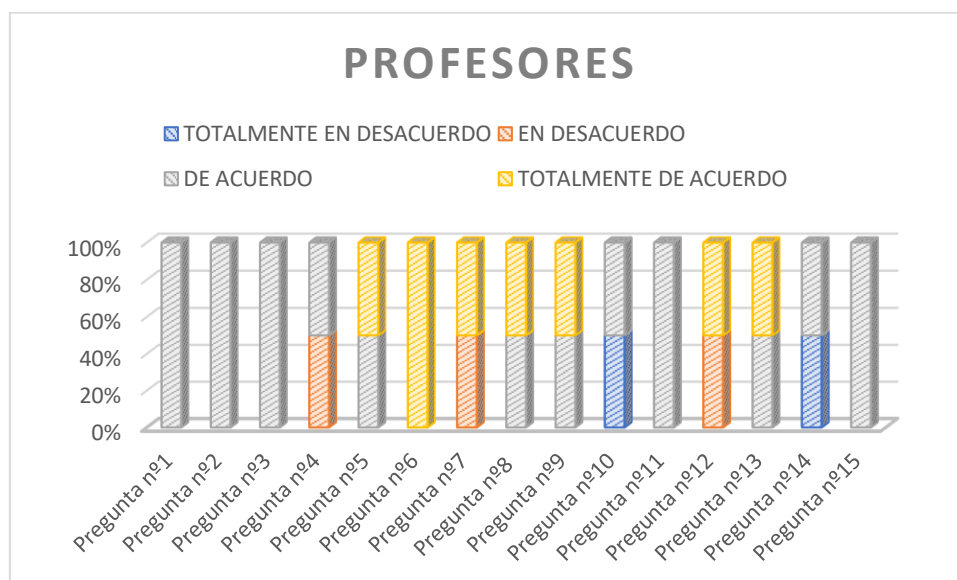
5.4. Cuestionario Profesores responsables del Centro

Parte I. Cuestionario de preguntas cerradas.

Los resultados de los profesores responsables de los grupos de alumnos participantes en los proyectos del IES Ocho de marzo y del IES Fuente Fresnedo se presentan en la siguiente tabla:

Cuestionario					
Profesora IES	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	
Fuente Fresnedo					
Pregunta nº1			2		
Pregunta nº2			2		
Pregunta nº3			2		
Pregunta nº4		1	1		
Pregunta nº5			1	1	
Pregunta nº6				2	
Pregunta nº7		1		1	
Pregunta nº8			1	1	
Pregunta nº9			1	1	
Pregunta nº10	1		1		
Pregunta nº11			2		
Pregunta nº12		1		1	
Pregunta nº13			1	1	
Pregunta nº14	1		1		
Pregunta nº15			2		

Para facilitar su análisis, se han dispuesto los resultados en la siguiente tabla gráfica:



En la gráfica anterior, puede apreciarse que hay 6 preguntas del cuestionario en las que la opinión de ambas profesoras coincide totalmente, habiendo 9 preguntas en las que las mismas han elegido una respuesta diferente. Dentro de estas 9 preguntas, a diferencia del caso anterior de los investigadores, las respuestas tienen un carácter común en 4 de las preguntas, de tendencia

positiva, existiendo un carácter opuesto en las 5 preguntas restantes, donde la opinión entre ambas profesoras difiere notablemente, pues en 3 de ellas la diferencia de opinión es algo más notoria: la pregunta 7, referida a la falta de implicación del alumnado; la pregunta 10, en relación a las conexiones existentes entre la línea de investigación y las matemáticas; y la pregunta 12, en una previsión ante la posibilidad de volver a participar en el concurso. Con excepción de estas tres preguntas, puede decirse que existe un acercamiento en las respuestas de ambas profesoras en los tres bloques que conforman el cuestionario.

Las profesoras involucradas en ambos proyectos del concurso CIENCIA CON ARTE consideran que la experiencia ha sido positiva para los alumnos participantes, puesto que ha supuesto una dinamización de las clases que se salen de la rutina diaria, a pesar de los estudiantes se involucren más, de forma general, en las clases ordinarias que en el propio concurso.

Hay una disyuntiva entre los dos grupos, siendo mayor la cooperación en equipo que se ha dado en un grupo con respecto del otro.

Existe un consenso evidente en que la participación en el concurso ha permitido ver contenidos complejos de una manera más sencilla y práctica que en las clases ordinarias. No obstante, los alumnos participantes han precisado del apoyo del profesor durante las sesiones destinadas al proyecto, tanto a la hora de resolver dudas de los conceptos vistos en la línea de investigación, como durante el montaje del vídeo.

Debido a estas excesivas dudas, los investigadores también se han visto “obligados” a resolver dudas de carácter conceptual durante las reuniones mantenidas, debido a la falta de interés de los alumnos participantes.

Aun así, los profesores responsables de los dos grupos consideran que los contenidos vistos durante el concurso son excesivamente complejos para un alumnado de 4º ESO, lo que ha influenciado de forma directa sobre el ritmo de trabajo de los estudiantes participantes.

En cuanto a los contenidos vistos, en uno de los grupos sí han existido conexiones curriculares entre las asignaturas de química y biología, con las

matemáticas (grupo del IES Ocho de marzo, con una investigación centrada en la materia de química), y aunque si bien es cierto que ambas profesoras consideran que la participación en el concurso ha repercutido en la mejora del alumnado en los conocimientos relacionados con sus asignaturas (química y biología).

Por último, puede apreciarse que no existe la misma opinión acerca de los conocimientos matemáticos, puesto que la línea de investigación del IES Fuente Fresnedo si ha visto una menor influencia de las matemáticas sobre el trabajo realizado, fundamentado de forma prácticamente exclusiva sobre conceptos de biología.

Parte II. Cuestionario de preguntas abiertas.

Las profesoras, en sus respuestas abiertas, muestran opiniones distintas en cuanto al tiempo dedicado al mismo, puesto que una de las profesoras lo considera adecuado, mientras que otra lo considera excesivo, pues es un proyecto de larga duración y de alta complejidad, requiriendo de mucho tiempo extra por las tardes para presentar un trabajo de nivel.

Ambas docentes consideran que, deberían de fomentarse más reuniones presenciales, así como establecerse de una forma más clara y concisa los objetivos referidos a las reuniones con los investigadores, teniendo en consideración el nivel real del alumnado participante en relación con los contenidos tratados en la línea de investigación correspondiente.

Una de las consideraciones, que en este caso coinciden con las aportadas por los investigadores, es que deberían de facilitarse de alguna manera las reuniones, teniendo en cuenta la distancia que hay entre localidades como Castro Urdiales y Laredo con la capital cántabra, ya que en ocasiones ha resultado imposible mantener el ritmo de las reuniones debido a la elevada distancia.

Otra de las opiniones concordantes con los investigadores es que la organización del concurso debería de plantear una disponibilidad de acceso al mismo para grupos con una cierta homogeneidad, en búsqueda de equipos participantes del

mismo nivel educativo, puesto que en la edición de este año consideran que ha habido una diferencia sustancial entre los grupos de la ESO y de Bachillerato.

A pesar de todo, y como en el caso de los responsables de la investigación, las profesoras consideran que el concurso supone una mejora en las competencias de los alumnos participantes, e implica una experiencia única para acercarse al mundo de la ciencia de primera mano.

5.5. Observaciones

Como se ha comentado en el *Apartado 4.5. Descripción del desarrollo de la experiencia*, pude disfrutar de varias sesiones participativas con los dos grupos analizados. En este apartado recojo el resultado de la observación directa que realicé del comportamiento de los distintos actores del concurso.

IES Ocho de marzo

Por un lado, en el equipo de Castro Urdiales “Ciencias Aplicadas a la Formación Profesional”, pude observar un grupo de alumnos heterogéneo, quizás con una idea ya preconcebida sobre su futuro más próximo ligado a la Formación Profesional, por lo que la respuesta de los estudiantes ante las explicaciones de la investigadora estaba ya desmotivada por sus propios intereses de futuro, entre los cuales no se encuentra la formación científica, como bien han mostrado en el cuestionario.

No obstante, debo destacar el trabajo de la profesora y de la investigadora para reconducir la situación motivacional del grupo, pues han conseguido dividir las tareas de la forma óptima para que todos se sintieran incluidos en el resultado del trabajo, donde sin duda ha primado el trabajo cooperativo entre compañeras y compañeros.

Ante este aspecto, debo mencionar que, si bien el interés científico no ha predominado en este grupo, el carácter artístico-tecnológico predominante en el documento de presentación del vídeo final, ha sido un plus para que los alumnos se motivaran y se interesaran tanto por la idea a desarrollar en el mismo, como por la realización de las distintas manualidades que describían el proceso visto en la línea de investigación.

A nivel matemático, quizás hayan tenido más dificultades y una baja motivación al pertenecer al grupo de Enseñanzas Aplicadas del IES Ocho de marzo, lo que se ha visto traducido en un menor interés por encontrar esas interrelaciones existentes en su línea de investigación entre las matemáticas y la química.

IES Fuente Fresnedo

Por otro lado, el equipo de Laredo “Science Today”, al tratarse de un equipo más compacto, con alumnas pertenecientes al grupo de Enseñanzas Académicas del IES Fuente Fresnedo, el interés por la línea de investigación ha sido bastante superior que en el caso anterior.

No obstante, he de comentar que, si bien las alumnas se han interesado de una manera superior a la hora de aclarar conceptos durante las visitas con el investigador, quizás llevaban una lista demasiado elevada de dudas, lo que las ha llevado a reducir la eficiencia de las reuniones, al verse obligado el investigador a recordar los conceptos vistos con anterioridad.

Aun así, la actitud del investigador ha sido, quizás determinada por el grupo, ha sido menos resolutive, lo que ha llevado a las estudiantes a esforzarse más a la hora de entender una serie de conceptos muy por encima de los conocimientos que ven en el instituto.

En cuanto a las matemáticas presentes, en este caso concreto, podría decirse que no ha habido ningún tipo de referencia a las mismas. En esta línea de investigación no ha habido una correlación entre las matemáticas y la biología, hecho que ha llevado a las alumnas a centrarse en el carácter biológico de la misma, así como en el carácter artístico-tecnológico a la hora de desarrollar la idea del vídeo.

A continuación, se establecen las conclusiones derivadas de todos los resultados vistos con anterioridad.

6. Conclusiones

A tenor de los resultados, tanto de los cuestionarios como de las observaciones realizadas, pueden extraerse las siguientes conclusiones que se exponen a continuación.

Si analizamos el concurso de forma individual, puede decirse que, si bien es cierto que sí cumple con sus principales objetivos de acercar la investigación universitaria a los jóvenes estudiantes cántabros, y de fomentar la vocación científica entre los mismos, existen ciertos aspectos a mejorar dentro del mismo.

La participación en el concurso supone un aliciente único para los alumnos participantes, puesto que, a través de las visitas a los distintos centros de trabajo de los investigadores, así como con el contacto con los mismos, son capaces de ver y vivir en primera persona, cómo es el día a día del trabajo científico de estos profesionales, desarrollando sus trabajos entorno a líneas de investigación de primer nivel a nivel nacional e internacional.

No obstante, es preciso destacar que, en los grupos observados, he podido apreciar un mayor interés de ciertos alumnos con respecto a otros, lo que en cierto modo provoca una pérdida en la esencia del concurso, pues trata de fomentar una participación activa e interesada en el estudiante.

Si se tiene en consideración tanto la normativa como las bases del concurso, puede apreciarse una excesiva amplitud en cuanto a la conformación de los distintos grupos, lo que en esta edición se ha visto traducido de forma directa en los resultados expuestos durante la jornada de presentación.

No se ha mantenido una homogeneidad en los equipos participantes, concursando tres grupos de 5 alumnos, un grupo de 6 alumnos, un grupo de 13 alumnos y un último grupo de 14 alumnos. Esta diferente situación numérica supone un hándicap para los alumnos, ya que como han destacado las profesoras encuestadas en el Apartado 5.4. Cuestionarios Profesores responsables del Centro, un mayor número de estudiantes en el grupo es beneficioso a la hora de repartir el trabajo, facilitándose en cierto modo las labores de producción y edición del vídeo final, aunque, por otro lado, un mayor número de integrantes implica una mayor gestión y organización del grupo por

parte del profesor y del investigador, así como un mayor esfuerzo durante las reuniones con el investigador.

Otro factor por destacar es la alta variabilidad curricular existente entre los diferentes grupos participantes, puesto que ha habido tres grupos pertenecientes a 4º de ESO de la modalidad de Enseñanzas Académicas, un grupo de 4º de ESO de la modalidad de Enseñanzas Aplicadas, un grupo de 1º de Bachillerato con alumnos tanto de la modalidad de Ciencias y Tecnología como de la modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales, y un sexto grupo de 2º de Bachillerato de la modalidad de Bellas Artes.

Quizás sería más oportuno que el concurso redujera esa variabilidad curricular a la modalidad de Enseñanzas Académicas, y a ser posible, a un solo curso, ya que siempre van a existir diferencias sustanciales entre alumnos que se diferencian uno o hasta dos cursos, quedando la balanza a favor de los estudiantes de mayor edad.

Además, si lo que se pretende desde la UCC+i de la UC con este concurso CIENCIA CON ARTE, es promover la vocación científica entre los estudiantes cántabros, quizás el tipo de alumnado más adecuado para este fin sea aquel que se encuentra dentro de una modalidad de Enseñanzas Académicas (en 3º o 4º ESO), o de carácter científico (Bachillerato de Ciencias y Tecnología), ya que aquellos alumnos que se encuentran cursando una modalidad de Enseñanzas Aplicadas (en 4º ESO) o una modalidad de Bachillerato como las Bellas Artes o de Humanidades y Ciencias Sociales, difícilmente van a “volver” atrás en su carrera educativa, puesto que ya se han visto en la tesitura de tomar una decisión de vital importancia sobre su futuro al escoger una modalidad tan específica.

Otro de los aspectos destacados tanto por los profesores como por los investigadores encuestados, se refiere a las reuniones mantenidas durante el curso. No sólo han sido pocas reuniones, sino que, por motivos de transporte en unos casos, o por motivos de tiempo en otros, ese número de reuniones previsto se ha visto reducido aún más si cabe, lo que ha llevado a que los grupos de alumnos tuvieran que emplear más horas de su tiempo libre con sus profesores para la aclaración de conceptos y la posterior elaboración de la entrega,

perdiéndose un poco la eficiencia educativa de esas reuniones con los investigadores.

Considerando el concurso CIENCIA CON ARTE dentro del marco de la metodología STEAM, si se aprecian relaciones directas con el trabajo en equipo característico de este modelo educativo, así como con la interdisciplinariedad presente durante la elaboración del trabajo.

No obstante, es necesario precisar que, la interdisciplinariedad queda limitada a las posibilidades que ofrece la ciencia base de la línea de investigación, a partir de la cual los alumnos aplican el arte y las tecnologías para reinterpretar dicha investigación de una forma sencilla y creativa.

Es decir, en el caso del grupo de alumnos analizado del IES Fuente Fresnedo, la línea de investigación ha estado supeditada en todo momento a conceptos de Biología, de forma prácticamente exclusiva, sin intervenir ninguna otra ciencia. Es por esto por lo que, la intervención de las Matemáticas en este trabajo ha sido prácticamente nula. A pesar de todo, los resultados obtenidos en la prueba de ejercicios de matemáticas en este grupo son bastante positivos, pero en ningún momento puede establecerse que sea consecuencia del trabajo desarrollado a lo largo del concurso.

No fue así el caso del grupo del IES Ocho de marzo ya que, si bien es cierto que la línea de investigación se ha fundamentado sobre conocimientos de Química, las Matemáticas sí han aparecido de forma sustancial, pues son un apoyo primordial en la investigación.

Aun así, los contenidos matemáticos vistos por este grupo durante las reuniones tampoco han tenido calado en los alumnos, como puede apreciarse en los resultados obtenidos en los Apartados 5.1 y 5.2, no por una mala explicación o una dificultad excesiva en los contenidos, sino por una falta de interés y de motivación, probablemente ajena al propio concurso.

Por todo esto, puede establecerse que los contenidos Matemáticos vistos durante este concurso quedan completamente supeditados al tipo de ciencia dominante en la línea de investigación, y son completamente dependientes de esta.

En cuanto a la motivación de los alumnos participantes, he podido observar que, en los dos grupos de alumnos analizados, ha existido cierta parsimonia por parte de los estudiantes, sin una implicación marcada en el desarrollo de los proyectos. Es por esto por lo que, han tenido que ser los profesores responsables de cada grupo, los encargados de guiar a los estudiantes durante la realización del proyecto, así como a la hora de resolver las dudas más importantes de estos.

No obstante, esta necesidad de guiar a los alumnos puede deberse a la complejidad de los contenidos vistos durante las reuniones con los investigadores. Al fin y al cabo, durante este concurso han visto conceptos que superan con creces los contenidos curriculares que los estudiantes ven en los institutos, por lo que han podido llegar a verse en cierto modo “colapsados” por unos conocimientos muy altos y no asimilables de forma trivial. Con todo, gracias al afán de los profesores, y al trabajo de los investigadores, se ha conseguido simplificar los conceptos más complejos de las investigaciones, con el fin de que fueran lo más fácilmente asimilables para los alumnos.

Es preciso destacar que, el trabajo en equipo que los grupos participantes han podido experimentar, en el que cada integrante ha contribuido de forma proactiva en el desarrollo del trabajo, con el fin de plasmar toda una línea de investigación de primer nivel científico en un vídeo de apenas cinco minutos, es algo muy singular, enriquecedor y que sin duda les hace estar más preparados a la hora de comprender cómo se trabaja en el campo de la ciencia, y de cómo es necesario el aporte de todos para conseguir un producto de alta calidad.

En línea generales, si bien no puedo establecer que haya visto una correlación de las matemáticas dentro las dos líneas de investigación observados, sí puedo decir que la metodología basada en el proyecto en grupos del concurso CIENCIA CON ARTE ha conseguido despertar la motivación y la creatividad de los alumnos, los cuales, a través de la implementación del arte con una serie de herramientas de carácter tecnológico, han llegado a aproximarse a líneas de investigación de primerísimo nivel, acercándose de esta manera a una serie de conceptos y conocimientos en dos materias como la química y la biología de gran importancia para sus capacidades como alumnos.

7. Bibliografía

Agreda, M., Ortiz-Colón, A.M. y Trujillo, J.M. (2016). Adquisición de competencias STEAM: propuesta didáctica en el Grado de Educación Primaria de las Facultades de Ciencias de la Educación de Jaén y Granada. *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje*, 23-31.

Ávila, H.L. (2006) Introducción a la metodología de la investigación. Edición electrónica. Recuperado de <http://clea.edu.mx/biblioteca/INTRODUCCION%20A%20LA%20METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>

Brown, J. (2012). The Current Status of STEM Education Research. *Journal of STEM Education*, 5(13), 7-11.

Bybee, R. W. (2013). The Case for Education Challenges and Opportunities. *National Science Teachers Association*.

Cervelló, J. (2009) El Informe Rocard: Una alternativa para la formación científica de la ciudadanía. En: Educación científica “ahora”: el Informe Rocard. Colección Aula de Verano. Ministerio de Educación. Instituto de Formación del Profesorado, Investigación e Innovación Educativa (2009). Pp. 9-47. ISBN: 978-84-369-4764-9.

Chiu, A., Price, C. A., Ovrachim, E. (2015). Supporting Elementary and Middle School Stem Education at the Whole-school level: A Review of The Literature. *NARST 2015 Annual Conference*. Recuperado de https://www.msichicago.org/fileadmin/assets/educators/science_leadership_initiative/SLI_Lit_Review.pdf

Cilleruelo, L. y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Investigar en psicodidáctica: una realidad en auge*. (pp. 22-38). Universidad del País Vasco.

Comisión de las Comunidades Europeas. Bruselas, 11.07.2007. SEC (2007). 1009. «Documento de trabajo de los servicios de la “Comisión escuelas para el Siglo XXI”».

Consejería de la Presidencia (2010). Informe conjunto de 2010 del Consejo y de la Comisión sobre la puesta en práctica del programa de trabajo «Educación y formación 2010». En: Diario Oficial de la Unión Europea.

Gobierno de Cantabria (2015). Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Boletín Oficial de Cantabria Extraordinario, núm. 39.

García, Y., Reyes, D., Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos Educativos*, nº33 (18), 37-48.

IES8DEMARZO. Página web del centro IES Ocho de marzo. Recuperado de <https://www.ies8demarzo.es/quienes-somo/historia/>

IESFUENTEFRESNEDO. Página web del centro IES Fuente Fresno. Recuperado de <https://iesfuentefresnedo.es/nuestra-oferta-educativa/>

Proyecto KIKS. Kids Inspire Kids for STEAM. Recuperado de <https://www.kiks.unican.es/descripcion-2/>

Ramaley, J. (2007). Facilitating Change: Experiences with the Reform of STEM Education. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.526.8592&rep=rep1&type=pdf>

Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Competencias clave para el aprendizaje permanente – Un marco europeo*, pp. 1-12. Recuperado de <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1>

Resnick, M. y Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkerability. En M. Honey y D.E. Kanter (Ed.). *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*. (pp.163-180). London: Routledge.

Robinson, K. (2009). *El elemento: descubrir tu pasión lo cambia todo*. Madrid: Grijalbo.

Robnett, R. (2018). First STEM...Then STEAM... *UNLV Magazine*, 2 (16). Recuperado de <https://www.unlv.edu/news/article/first-stem-then-steam>

Rocard, M. (2007). Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe, Brussels: European Commission. Recuperado de https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Ruiz, J. (2012). Metodología de la investigación cualitativa. *Serie Ciencias Sociales*. Universidad de Deusto. Bilbao, 15, 125.

Salvador, L. y García, M. (2018). Presentación PowerPoint del profesor Laurentino Salvador Blanco, entregada a los alumnos de la asignatura La Investigación Educativa para la Mejora de la Enseñanza y el Desarrollo Profesional del *Máster de Formación del Profesorado en Secundaria*. Curso 2018-2019. *Facultad de Educación*. Universidad de Cantabria.

Sousa, D.A., Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts*. Thousand Oaks. CA: SAGE.

Tsupros, N., Kohler, R., Hallinen, J. (2009). STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Recuperado de <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>

UC. (2018a). Bases para el concurso CIENCIA CON ARTE. Recuperado de <https://web.unican.es/unidades/cultura-cientifica/PublishingImages/actividades/concurso-ciencia-con-arte/Bases%20concurso%20Ciencia%20con%20Arte.pdf>

UC. (2018b). Proyectos de investigación para el Concurso Ciencia con Arte. Recuperado de <https://web.unican.es/unidades/cultura-cientifica/PublishingImages/actividades/concurso-ciencia-con-arte/Proyectos%20de%20investigaci%C3%B3n%20para%20el%20concurso%20Ciencia%20con%20Arte.pdf>

UC. (2019a). Unidad de Cultura Científica y de la Innovación de la UC. Recuperado de <https://web.unican.es/unidades/cultura-cientifica/actividades/concurso-ciencia-con-arte>

UC. (2019b). Noticias de la Universidad de Cantabria. *La UC premia a escolares de Cantabria que unen arte y ciencia para divulgar proyectos de investigación*. Recuperado de https://web.unican.es/noticias/Paginas/2019/Marzo_2019/La-UC-premia-a-escolares-de-Cantabria-que-unen-arte-y-ciencia-para-divulgar-proyectos-de-investigacion.aspx

W4STEAM. (2019). Women Angels for STEAM: What is STEAM? Recuperado de <https://wa4steam.com/wa4steam-supports-steam/what-is-steam/>

Yakman, G. (2010). What is the Point of STEAM? A Brief Overview of STEAM Education. Recuperado de <https://steamedu.com/wp-content/uploads/2014/12/2008-PATT-Publication-STEAM.pdf>

Como investigadora responsable de la línea de investigación “LIFE-2-ACID ‘Hacia un uso sostenible de los recursos metálicos en la industria galvánica’” y participante en el concurso CIENCIA CON ARTE de la UC en el curso 2018/2019, con el grupo de alumnos/as “Ciencias Aplicadas a la Formación Profesional” del IES 8 de marzo de Castro Urdiales, le pido lo siguiente:

- Por favor, conteste al siguiente cuestionario conformado por dos partes:
 - Parte I, formada por 15 preguntas cerradas donde evaluará su grado de satisfacción respecto al concurso Ciencia con Arte, así como su opinión personal en referencia a la metodología STEAM presente en el proyecto desde el punto de vista de las matemáticas.
 - Parte II, formada de 5 preguntas abiertas donde podrá establecer sus valoraciones personales acerca del concurso de forma completamente libre.

Notas

- Esta prueba es completamente ANÓNIMA.
- Le ruego máxima sinceridad en sus respuestas.
- Le agradezco de antemano su amable esfuerzo por participar en este cuestionario.

CUESTIONARIO PARA EL TUTOR DE LA UC RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN				Centro: IES 8 de marzo	
Evaluación del Concurso "Ciencia con Arte"				Curso: 4º	Grupo: C
I. Por favor, conteste a las siguientes preguntas marcando con una equis 'X' el grado de satisfacción que mejor refleje su opinión personal:	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	
1 En líneas generales, la participación en el proyecto ha sido positiva para los alumnos.					
2 Los alumnos se han mostrado receptivos y han mostrado interés en las sesiones realizadas.					
3 El trabajo en equipo ha primado por encima del trabajo individual.					
4 La participación en el concurso ha permitido ver contenidos complejos de una manera más sencilla y práctica.					
5 La profesora responsable del grupo se ha involucrado dentro del proyecto de forma activa.					
6 La profesora ha actuado como guía del grupo, ayudando a los alumnos cuando ha sido necesario.					
7 La profesora ha influido demasiado en el grupo de alumnos, limitando su potencial de trabajo investigador.					
8 Los alumnos no se han involucrado dentro del proyecto, y han dependido mucho de la profesora y de la investigadora.					
9 Durante las sesiones los alumnos tenían muchas dudas sobre nociones básicas de la investigación.					
10 A posteriori, pienso que los contenidos de la investigación han resultado demasiado complejos para los alumnos de éste curso.					
11 Tras el concurso, me gustaría volver a participar de la experiencia en una nueva edición de éste Concurso.					
12 En líneas generales, creo que la participación en el Concurso ha mejorado los conocimientos de química de los alumnos.					
13 En líneas generales, creo que la participación en el Concurso ha mejorado los conocimientos de matemáticas de los alumnos.					
14 La participación en el concurso ha contribuido a la mejora de capacidades de los alumnos.					
15 Pienso que deberían fomentarse más concursos como éste, en los que las carreras científicas se acercan a los estudiantes de ESO.					

II. Valoraciones personales. Conteste a las siguientes preguntas, procurando justificar de la manera más sincera su opinión.

1. ¿Cree que el tiempo invertido en el desarrollo del proyecto ha sido excesivo, adecuado o escaso?

2. ¿Qué aspectos mejoraría en lo que se refiere a la interrelación investigador-alumnos-profesor?

3. ¿Le parecen adecuadas las bases del concurso, teniendo en cuenta la pluralidad de niveles de los equipos, el número de alumnos, implicación de las partes...?

4. ¿Volvería a participar en el CONCURSO el año que viene? ¿Recomendaría a otros grupos de alumnos participar en este Concurso? ¿Por qué?

5. Alguna observación más en general respecto al desarrollo del concurso...

Como investigador responsable de la línea de investigación “Mecanismos epitaliales de defensa de la piel contra los efectos mutagénicos del Sol” y participante en el concurso CIENCIA CON ARTE de la UC en el curso 2018/2019, con el grupo de alumnas “Science Today” del IES Fuente Fresnedo de Laredo, le pido lo siguiente:

- Por favor, conteste al siguiente cuestionario conformado por dos partes:
 - Parte I, formada por 15 preguntas cerradas donde evaluará su grado de satisfacción respecto al concurso Ciencia con Arte, así como su opinión personal en referencia a la metodología STEAM presente en el proyecto desde el punto de vista de las matemáticas.
 - Parte II, formada de 5 preguntas abiertas donde podrá establecer sus valoraciones personales acerca del concurso de forma completamente libre.

Notas

- Esta prueba es completamente ANÓNIMA.
- Le ruego máxima sinceridad en sus respuestas.
- Le agradezco de antemano su amable esfuerzo por participar en este cuestionario.

CUESTIONARIO PARA EL TUTOR DE LA UC RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN				Centro: IES Fuente Fresnedo	
Evaluación del Concurso "Ciencia con Arte"				Curso: 4º	Grupo:
I. Por favor, conteste a las siguientes preguntas marcando con una equis 'X' el grado de satisfacción que mejor refleje su opinión personal:	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	ACUERDO
1 En líneas generales, la participación en el proyecto ha sido positiva para las alumnas.					
2 Los alumnas se han mostrado receptivas y han mostrado interés en las sesiones realizadas.					
3 El trabajo en equipo ha primado por encima del trabajo individual.					
4 La participación en el concurso ha permitido ver contenidos complejos de una manera más sencilla y práctica.					
5 La profesora responsable del grupo se ha involucrado dentro del proyecto de forma activa.					
6 La profesora ha actuado como guía del grupo, ayudando a las alumnas cuando ha sido necesario.					
7 La profesora ha influido demasiado en el grupo de alumnas, limitando su potencial de trabajo investigador.					
8 Las alumnas no se han involucrado dentro del proyecto, y han dependido mucho de la profesora y del investigador.					
9 Durante las sesiones las alumnas tenían muchas dudas sobre nociones básicas de la investigación.					
10 A posteriori, pienso que los contenidos de la investigación han resultado demasiado complejos para las alumnas de éste curso.					
11 Tras el concurso, me gustaría volver a participar de la experiencia en una nueva edición de éste Concurso.					
12 En líneas generales, creo que la participación en el Concurso ha mejorado los conocimientos de biología de las alumnas..					
13 En líneas generales, creo que la participación en el Concurso ha mejorado los conocimientos de matemáticas de las alumnas.					
14 La participación en el concurso ha contribuido a la mejora de capacidades de las alumnas.					
15 Pienso que deberían fomentarse más concursos como éste, en los que las carreras científicas se acercan a los estudiantes de ESO.					

II. Valoraciones personales. Conteste a las siguientes preguntas, procurando justificar de la manera más sincera su opinión.

1. ¿Cree que el tiempo invertido en el desarrollo del proyecto ha sido excesivo, adecuado o escaso?

2. ¿Qué aspectos mejoraría en lo que se refiere a la interrelación investigador-alumnos-profesor?

3. ¿Le parecen adecuadas las bases del concurso, teniendo en cuenta la pluralidad de niveles de los equipos, el número de alumnos, implicación de las partes...?

4. ¿Volvería a participar en el CONCURSO el año que viene? ¿Recomendaría a otros grupos de alumnos participar en este Concurso? ¿Por qué?

5. Alguna observación más en general respecto al desarrollo del concurso

IES Ocho de marzo

Como profesora responsable del grupo “Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional” del IES 8 de marzo de Castro Urdiales, participante en el concurso CIENCIA CON ARTE de la UC en el curso 2018/2019 le pido lo siguiente:

- Por favor, conteste al siguiente cuestionario conformado por dos partes:
 - Parte I, formada por 15 preguntas cerradas donde evaluará su grado de satisfacción respecto al concurso Ciencia con Arte, así como su opinión personal en referencia a la metodología STEAM presente en el proyecto desde el punto de vista de las matemáticas.
 - Parte II, formada de 5 preguntas abiertas donde podrá establecer sus valoraciones personales acerca del concurso de forma completamente libre.

Notas

- Esta prueba es completamente ANÓNIMA.
- Le ruego máxima sinceridad en sus respuestas.
- Le agradezco de antemano su amable esfuerzo por participar en este cuestionario.

CUESTIONARIO PARA EL PROFESOR RESPONSABLE DEL CENTRO				Centro: IES 8 de marzo	
Evaluación del Concurso "Ciencia con Arte"				Curso: 4º	Grupo: C
I. Por favor, conteste a las siguientes preguntas marcando con una equis 'X', el grado de satisfacción que mejor refleje su opinión personal:	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	
1 El proceso vivido durante la realización del proyecto ha sido positivo para el aprendizaje de los alumnos.					
2 La realización del proyecto ha dinamizado las clases de forma positiva.					
3 Creo que los alumnos se involucran más en las clases ordinarias que en la realización de este proyecto.					
4 Los alumnos han colaborado entre sí a lo largo del desarrollo del proyecto.					
5 La participación en el concurso ha permitido ver contenidos complejos de una manera más sencilla y práctica.					
6 Los alumnos han precisado de apoyo del profesor durante las sesiones destinadas al proyecto, debido a la complejidad del mismo.					
7 Los alumnos han precisado de apoyo del profesor durante las sesiones destinadas al proyecto, debido a su falta de implicación.					
8 La investigadora de la UC se ha implicado adecuadamente en el desarrollo del proyecto.					
9 La investigadora ha resuelto en sus visitas las dudas que han surgido a lo largo de todo el proyecto.					
10 El proyecto me ha permitido apreciar la existencia de conexiones curriculares entre las asignaturas de química y de matemáticas.					
11 Los contenidos vistos en el CONCURSO son demasiado complejos para los alumnos de éste curso.					
12 Tras el concurso, me planteo la posibilidad de volver a presentarme como profesora responsable de un grupo el año que viene.					
13 En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado los conocimientos de química de los alumnos.					
14 En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado los conocimientos de matemáticas de los alumnos.					
15 La participación en el concurso ha contribuido a la mejora de las competencias de los alumnos, en general.					

II. Valoraciones personales. Conteste a las siguientes preguntas, procurando justificar de la manera más sincera su opinión.

1. ¿Cree que el tiempo invertido en el desarrollo del proyecto ha sido excesivo, adecuado o escaso?

2. ¿Qué aspectos mejoraría en lo que se refiere a la interrelación investigador-alumnos-profesor?

3. ¿Le parecen adecuadas las bases del concurso, teniendo en cuenta la pluralidad de niveles de los equipos, el número de alumnos, implicación de las partes...?

4. ¿Volvería a participar en el CONCURSO el año que viene? ¿Recomendaría a otros grupos de alumnos participar en este Concurso? ¿Por qué?

5. Alguna observación más en general respecto al desarrollo del concurso...

Como profesora responsable del grupo “Science Today” del IES Fuente Fresnedo de Laredo, participante en el concurso CIENCIA CON ARTE de la UC en el curso 2018/2019 le pido lo siguiente:

- Por favor, conteste al siguiente cuestionario conformado por dos partes:
 - Parte I, formada por 15 preguntas cerradas donde evaluará su grado de satisfacción respecto al concurso Ciencia con Arte, así como su opinión personal en referencia a la metodología STEAM presente en el proyecto desde el punto de vista de las matemáticas.
 - Parte II, formada de 5 preguntas abiertas donde podrá establecer sus valoraciones personales acerca del concurso de forma completamente libre.

Notas

- Esta prueba es completamente ANÓNIMA.
- Le ruego máxima sinceridad en sus respuestas.
- Le agradezco de antemano su amable esfuerzo por participar en este cuestionario.

CUESTIONARIO PARA EL PROFESOR RESPONSABLE DEL CENTRO				Centro: IES Fuente Fresno	
Evaluación del Concurso "Ciencia con Arte"				Curso: 4º	Grupo:
I. Por favor, conteste a las siguientes preguntas marcando con una equis 'X', el grado de satisfacción que mejor refleje su opinión personal:				TOTALMENTE EN DESACUERDO	DE ACUERDO
				TOTALMENTE EN DESACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	El proceso vivido durante la realización del proyecto ha sido positivo para el aprendizaje de las alumnas.				
2	La realización del proyecto ha dinamizado las clases de forma positiva.				
3	Creo que las alumnas se involucran más en las clases ordinarias que en la realización de este proyecto.				
4	Las alumnas han colaborado entre sí a lo largo del desarrollo del proyecto.				
5	La participación en el concurso ha permitido ver contenidos complejos de una manera más sencilla y práctica.				
6	Las alumnas han precisado de apoyo del profesor durante las sesiones destinadas al proyecto, debido a la complejidad del mismo.				
7	Las alumnas han precisado de apoyo de la profesora durante las sesiones destinadas al proyecto, debido a su falta de implicación.				
8	El investigador de la UC se ha implicado adecuadamente en el desarrollo del proyecto.				
9	El investigador ha resuelto en sus visitas las dudas que han surgido a lo largo de todo el proyecto.				
10	El proyecto me ha permitido apreciar la existencia de conexiones curriculares entre las asignaturas de biología y de matemáticas.				
11	Los contenidos vistos en el CONCURSO son demasiado complejos para las alumnas de éste curso.				
12	Tras el concurso, me planteo la posibilidad de volver a presentarme como profesora responsable de un grupo el año que viene.				
13	En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado los conocimientos de biología de las alumnas.				
14	En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado los conocimientos de matemáticas de las alumnas.				
15	La participación en el concurso ha contribuido a la mejora de las competencias de las alumnas, en general.				

II. Valoraciones personales. Conteste a las siguientes preguntas, procurando justificar de la manera más sincera su opinión.

1. ¿Cree que el tiempo invertido en el desarrollo del proyecto ha sido excesivo, adecuado o escaso?

2. ¿Qué aspectos mejoraría en lo que se refiere a la interrelación investigador-alumnos-profesor?

3. ¿Le parecen adecuadas las bases del concurso, teniendo en cuenta la pluralidad de niveles de los equipos, el número de alumnos, implicación de las partes...?

4. ¿Volvería a participar en el CONCURSO el año que viene? ¿Recomendaría a otros grupos de alumnos participar en este Concurso? ¿Por qué?

5. Alguna observación más en general respecto al desarrollo del concurso...

IES Ocho de marzo

Como alumno/a participante del concurso CIENCIA CON ARTE de la UC en el curso 2018/2019, y como miembro del grupo “Ciencias Aplicadas a la Formación Profesional” del IES 8 de marzo de Castro Urdiales, te pido lo siguiente:

- Por favor, contesta al siguiente cuestionario conformado por dos partes:
 - Parte I, formada por 15 preguntas cerradas donde podrás evaluar tu grado de satisfacción respecto a la experiencia vivida en el concurso Ciencia con Arte.
 - Parte II, formada por 3 actividades que correlacionan las matemáticas y la química presente en la línea de investigación que habéis realizado.

Instrucciones

- Por favor, resuelve los siguientes problemas de matemáticas relacionados con la línea de investigación sobre la que habéis podido trabajar a lo largo del proyecto.
- Escribe la solución con los cálculos que consideres oportunos en los recuadros destinados para ello.
- Intenta no dejar ningún ejercicio en blanco, no forma parte de ninguna prueba ni se te va a evaluar por ello.
- En el caso de dejar un ejercicio en blanco, te agradecería que dejaras un pequeño comentario en el recuadro de la solución, explicando las dificultades con las que te has encontrado.

Notas

- Te ruego máxima sinceridad en las preguntas.
- Son ejercicios en los que existe una relación con los contenidos que habéis podido ver a finales del segundo trimestre del presente curso 2018/2019.
- Los resultados de esta prueba NO van a afectar de ninguna manera a tu expediente académico.
- Esta prueba es completamente ANÓNIMA, así que no tengas presión a la hora de realizarla.
- Te agradezco de antemano tu amable esfuerzo por participar en el cuestionario.

CUESTIONARIO PARA EL ALUMNADO				Centro: 8 de marzo	
Evaluación del Concurso "Ciencia con Arte"				Curso: 4º	Grupo: C
I. Por favor, contesta a las siguientes preguntas marcando con una equis 'X' el grado de satisfacción que mejor refleje tu opinión personal:	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO	
1 El proceso vivido durante la realización del proyecto ha sido positivo para mi aprendizaje.					
2 La realización del proyecto ha hecho las clases más entretenidas.					
3 He mejorado a nivel individual gracias al trabajo en equipo experimentado durante el proyecto.					
4 El trabajo en grupo apenas se ha notado durante la experiencia.					
5 La participación en el concurso me ha permitido entender conceptos científicos de una manera más sencilla y práctica que en las clases					
6 La profesora responsable del grupo se ha involucrado en el desarrollo del proyecto.					
7 La profesora ha resuelto en clase las dudas que han surgido a lo largo del proyecto.					
8 La investigadora de la UC se ha involucrado en el proyecto.					
9 La investigadora de la UC ha resuelto en sus visitas las dudas que han ido surgiendo a lo largo del proyecto.					
10 El proyecto me ha ayudado a apreciar conexiones entre los contenidos de química y las matemáticas.					
11 Mi opinión respecto de la CIENCIA ha cambiado tras mi participación en el CONCURSO CIENCIA CON ARTE.					
12 Tras el CONCURSO, me planteo la posibilidad de estudiar una carrera científica.					
13 En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado mis conocimientos de química.					
14 En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado mis conocimientos artísticos (realización del vídeo, manualidades...).					
15 En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado mis conocimientos de matemáticas.					

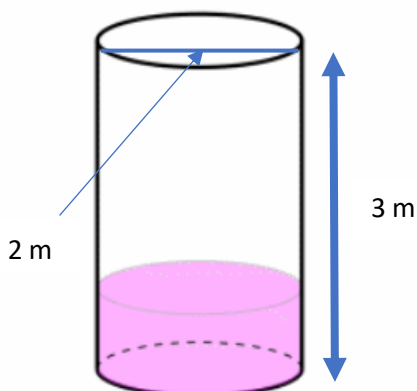
- 1- Resuelve las siguientes ecuaciones de 1er grado, donde x = Volumen de Fase Orgánica con Zn (en m^3):

A) $2 - x = x - 8$

B) $5 - 2 \cdot (1 - x) = 2x - 3$

C) $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4x}{3} - 4 \right) - 4 = 0$

- 2- El siguiente depósito se emplea en el proceso de recuperación de zinc y cloruro de hierro a partir de los baños agotados de decapado. Calcula su volumen: (déjalo en función de π , no hace falta que des la solución con decimales)



- 3- Calcula el valor de $C_{\text{fase orgánica tras EX}}$ determinado por las siguientes ecuaciones vistas en la visita al laboratorio de la UC:

A) $0,02 L \cdot 100 \frac{g}{L} = 0,02 L \cdot 60 \frac{g}{L} + 0,04 L \cdot C_{\text{fase orgánica tras EX}}$

B) $0,04 L \cdot 20 \frac{g}{L} = 0,04 L \cdot C_{\text{fase orgánica tras EX}} + 0,04 L \cdot 15 \frac{g}{L}$

Como alumna participante del concurso CIENCIA CON ARTE de la UC en el curso 2018/2019, y como miembro del grupo “Science Today” del IES Fuente Fresnedo de Laredo, te pido lo siguiente:

- Por favor, contesta al siguiente cuestionario conformado por dos partes:
 - Parte I, formada por 15 preguntas cerradas donde podrás evaluar tu grado de satisfacción respecto a la experiencia vivida en el concurso Ciencia con Arte.
 - Parte II, formada por 3 actividades que correlacionan las matemáticas y la biología presente en la línea de investigación que habéis realizado.

Instrucciones

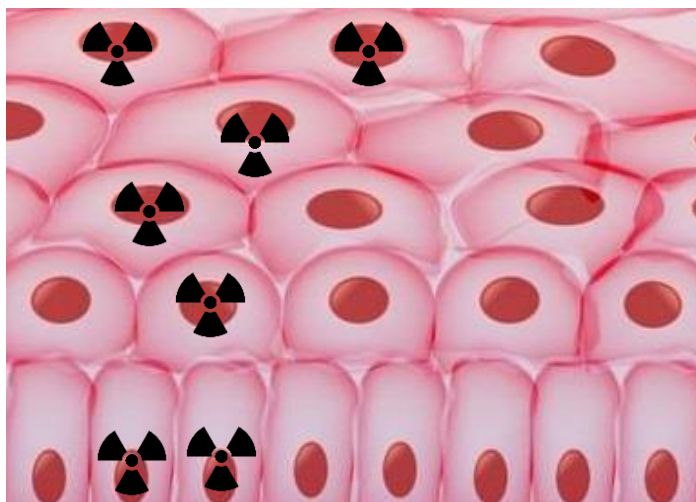
- Por favor, resuelve los siguientes problemas de matemáticas relacionados con la línea de investigación sobre la que habéis podido trabajar a lo largo del proyecto.
- Escribe la solución con los cálculos que consideres oportunos en los recuadros destinados para ello.
- Intenta no dejar ningún ejercicio en blanco, no forma parte de ninguna prueba ni se te va a evaluar por ello.
- En el caso de dejar un ejercicio en blanco, te agradecería que dejaras un pequeño comentario en el recuadro de la solución, explicando las dificultades con las que te has encontrado.

Notas

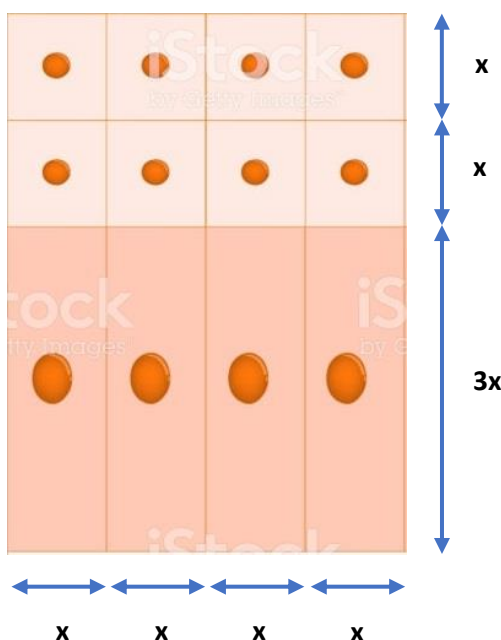
- Te ruego máxima sinceridad en las preguntas.
- Son ejercicios en los que existe una relación con los contenidos que habéis podido ver a finales del segundo trimestre del presente curso 2018/2019.
- Los resultados de esta prueba NO van a afectar de ninguna manera a tu expediente académico.
- Esta prueba es completamente ANÓNIMA, así que no tengas presión a la hora de realizarla.
- Te agradezco de antemano tu amable esfuerzo por participar en el cuestionario.

CUESTIONARIO PARA EL ALUMNADO				Centro: IES Fuente Fresnedo	
Evaluación del Concurso "Ciencia con Arte"				Curso: 4º	Grupo:
		TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
I. Por favor, contesta a las siguientes preguntas marcando con una equis 'X' el grado de satisfacción que mejor refleje tu opinión personal:					
1	El proceso vivido durante la realización del proyecto ha sido positivo para mi aprendizaje.				
2	La realización del proyecto ha hecho las clases más entretenidas.				
3	He mejorado a nivel individual gracias al trabajo en equipo experimentado durante el proyecto.				
4	El trabajo en grupo apenas se ha notado durante la experiencia.				
5	La participación en el concurso me ha permitido entender conceptos científicos de una manera más sencilla y práctica que en las clases habituales.				
6	La profesora responsable del grupo se ha involucrado en el desarrollo del proyecto.				
7	La profesora ha resuelto en clase las dudas que han surgido a lo largo del proyecto.				
8	El investigador de la UC se ha involucrado en el proyecto.				
9	El investigador de la UC ha resuelto en sus visitas las dudas que han ido surgiendo a lo largo del proyecto.				
10	El proyecto me ha ayudado a apreciar conexiones entre los contenidos de biología y las matemáticas.				
11	Mi opinión respecto de la CIENCIA ha cambiado tras mi participación en el CONCURSO CIENCIA CON ARTE.				
12	Tras el CONCURSO, me planteo la posibilidad de estudiar una carrera científica.				
13	En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado mis conocimientos de biología.				
14	En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado mis conocimientos artísticos (realización del vídeo, manualidades...).				
15	En líneas generales, creo que la participación en el concurso ha mejorado mis conocimientos de matemáticas.				

- 1- Calcula el porcentaje de células epiteliales que han sido dañadas como consecuencia de una sobreexposición a los rayos del sol (considerar tantas como núcleos puedan apreciarse, aunque en la imagen se encuentren “cortados”).

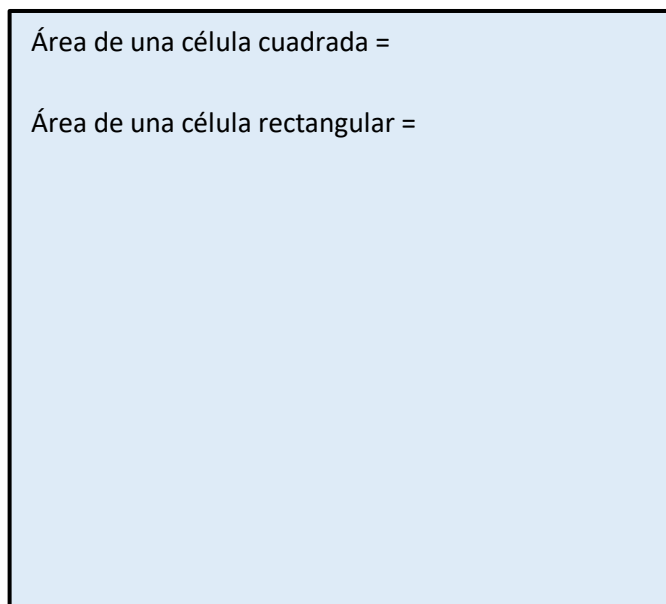


- 2- Teniendo en cuenta las proporciones indicadas en la muestra (ver imagen), calcula el área de cada uno de los distintos tipos de células, si el área total de la muestra es de $80 \mu\text{m}$ (80 micrómetros u 80 micras).



Área de una célula cuadrada =

Área de una célula rectangular =



- 3- Dada una muestra de tejido epitelial con forma rectangular, de área $4,5 \mu\text{m}$ y un perímetro de $9 \mu\text{m}$, calcular el largo y el ancho de la muestra de tejido.

